

Často slýcháme nejrůznější nabádání k přebírání cizích zkušeností; je zřejmé, že je zbytečné vymýšlet něco, co již dávno nebo nedávno vymysleli jiní. Otázkou však je, jak s těmito cizími zkušenostmi nakládáme. V zásadě lze zřejmě naložit s nimi dvojím způsobem – pasivně nebo aktivně.

Pasivně přebírat cizí zkušenosti jsme nuceni tehdy, nerozumíme-li problematice, z níž cizí zkušenosti přebíráme. Tehdy také mají pro nás cizí zkušenosti nejmenší význam – otrocké kopírování

zkoušet, počítat a ověřovat, než „pajcovat“. Byl-li dosud ideálem amatéra „stavební návod“, měl by se v současné nebo budoucí době stát ideálem nápad a pak realizace tohoto nápadu. Realizace na základě přemýšlení, využívání všech dostupných znalostí a vědomostí a všech nejnovějších poznatků a nejmodernějších součástek. To by byl nejlepší přínos radioamatérů národnímu hospodářství, rozvoji vědy a techniky.

Již po osmé vychází Radiový konstruktér, jehož obsahem jsou obvody a

## JK Čemu HLAVA?

nikdy nevedlo k uspokojivým výsledkům. Mimo jiné také proto, že pro ten nebo onen účel se obvykle požadavky na zařízení, přístroj nebo součástky mění a nevíme-li, jak zařízení, přístroj nebo součástka pracuje, nejsme schopni přizpůsobit si je svým požadavkům.

Je nabíledni, že pouze aktivní přístup k cizím zkušenostem může přinést skutečný zisk. Skutečný pokrok přinášel vždy pouze netradiční přístup k problémům, dokonalé ovládnutí dané problematiky atd. Je samozřejmě složitější vymýšlet než kopírovat, zkoušet a znova

přístroje ze zahraničních pramenů. Prohlížíme-li dnes tato čísla jednotlivých ročníků RK, vidíme, že ne vždy se podařilo vybrat ze zahraniční literatury ta nejzajímavější a skutečně perspektivní zapojení. To je ovšem vždy asi to nejsložitější – odhadnout životnost a přínos technickému rozvoji, popř. použitelnost jednotlivých obvodů a zapojení, popř. přístrojů a zařízení.

O nejúčelnější výběr zapojení ze zahraničních pramenů se pokusil autor i tentokrát, doufejme, že čas prověří tato zapojení jako dobře vybraná. A vrátí-

me-li se k titulku této předmluvy – používejte při práci s tímto Radiovým konstruktérem nejen ruce, ale přede-

vším hlavu, aby odpověď na otázku v titulku „K čemu hlava“ byla ve vašem případě zcela jednoznačná.

# Zajímavá praktická ZAPOJENÍ 8

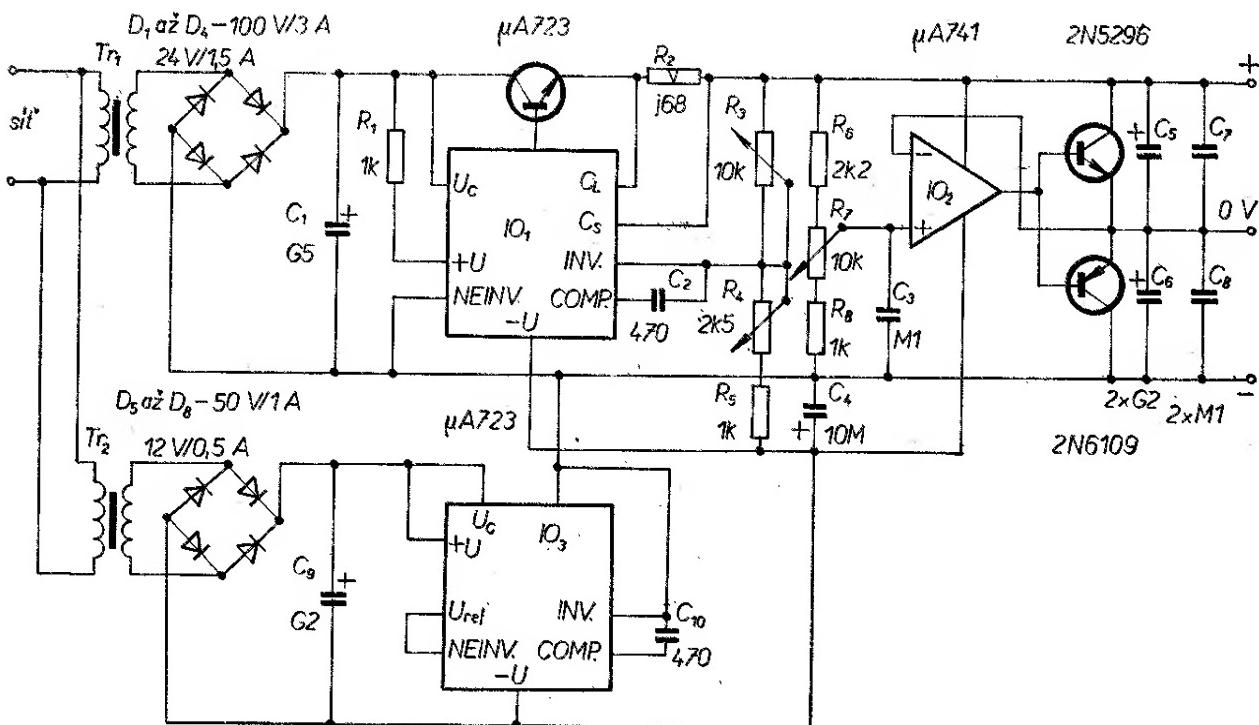
Zdeněk Svobodný

## Zdroje, napáječe, nabíječe, měniče

### Stabilizovaný zdroj 0 až 30 V s omezením výstupního proudu

Většina stabilizovaných zdrojů, používajících monolitický stabilizátor napětí ( $\mu\text{A}723$ ) neumožňuje nastavit výstupní napětí od nuly. V zapojení podle obr. 1 lze nastavit jakékoli výstupní na-

pětí v rozmezí 0 až 30 V. Předpětí (referenční napětí) pro hlavní regulátor ( $IO_1$ ) se získává pomocí integrovaného obvodu  $IO_3$  ze zvláštního vinutí síťového transformátoru (nebo z dalšího síťového transformátoru stabilizovaného zdroje). Zdroj je konstruován tak, aby jím bylo možno napájet i zařízení, vyžadující souměrné napájecí napětí. Obvod, umožňující odebírat souměrné výstupní napětí, je složen z integrovaného obvodu  $IO_2$ , z doplňkových tranzistorů a z



odporů  $R_6$  až  $R_8$ . S odpory, uvedenými na obrázku, lze měnit výstupní napětí kladné větve stabilizátoru mezi 10 až 80 % dosažitelného výstupního napětí a výstupní napětí záporné větve stabilizátoru mezi 15 až 90 % dosažitelného výstupního napětí. Je-li dosažitelné výstupní napětí 0 až  $\pm 15$  V, lze tedy měnit kladné napětí od 1,5 do 12 V a záporné napětí od -2,25 do -13,5 V.

Výstupní tranzistory mění svůj vnitřní dynamický odpor v závislosti na zátěži (na odběru proudu) a stabilizují tak výstupní napětí až do odběru proudu 1 A. Stabilizace výstupního napětí je poněkud horší při výstupních napěťích menších než 3 V, neboť operační zesilovač  $IO_2$  pak pracuje na mezi svých možností.

Odebíráme-li ze zdroje nesouměrné výstupní napětí, je výstup záporného napětí použit jako společná (zemnicí) svorka. Kladný pól výstupního napětí je na kladném pólu elektrolytického kondenzátoru  $C_5$  (kolektor tranzistoru 2N5296). V tomto případě protéká tranzistory na výstupu operačního zesilovače pouze klidový proud (několik miliampérů). Výstupní napětí v mezích 0 až 30 V se řídí proměnným odporem (potenciometrem)  $R_3$ . Výstupní proud je omezen odporem  $R_2$  na 1 A při všech výstupních napěťích v mezích 0 až 25 V. V rozsahu 25 až 30 V je výstupní proud omezen na 800 mA.

Za nejhorších podmínek je stabilita výstupního napětí v celém rozsahu regulace lepší než 0,05 %, a to jak při souměrném, tak i nesouměrném výstupním napětí. Další technické údaje: při odběru proudu 1 A a při výstupním napětí 24 V je zvlnění výstupního napětí menší než 10 mV. Při odběru proudu 950 mA a při výstupním napětí 28 V je zvlnění menší než 30 mV. Je však třeba podotknout, že údaje zvlnění a stability výstupního napětí závisí na jakosti integrovaného obvodu  $\mu A723$  ( $IO_1$ ). S mimotolerantním integrovaným obvodem bylo za stejných podmínek dosaženo stabilizace výstupního napětí asi 0,7 %.

Všechny tři tranzistory jsou na chladičích, jejichž plochu je třeba volit po-

dle požadovaného maximálního proudu a podle doby, po níž se maximální proud hodlá odebírat.

*Ovládací prvky:* potenciometry, zapojené jako proměnné odpory –  $R_3$  slouží ke změně výstupního napětí 0 až 30 V,  $R_4$  k nastavení nuly na výstupu,  $R_7$  k nastavení souměrného výstupního napětí.

Místo integrovaného obvodu  $\mu A741$  lze použít operační zesilovač MAA501 až 504, místo  $\mu A723$  monolitický stabilizátor napětí MAA723, jako tranzistor, ovládaný obvodem  $IO_1$  (v původním zapojení 2N5296), jakýkoli křemíkový výkonový tranzistor o kolektorové ztrátě, odpovídající odebíranému proudu (např. z řady KD), tranzistory ovládané z výstupu operačního zesilovače jsou doplňkové křemíkové tranzistory, náhrada je možná typy KD607, KD617. Údaje ostatních součástek jsou zřejmé ze schématu zapojení. Odpor  $R_2$  musí být na 5 W. Ostatní odpory je vhodné volit na zatížení 0,5 W.

*Popular Electronics č. 2, (únor) 1975*

### **Stabilizovaný zdroj 0 až 32 V s omezením proudu nad 2 A**

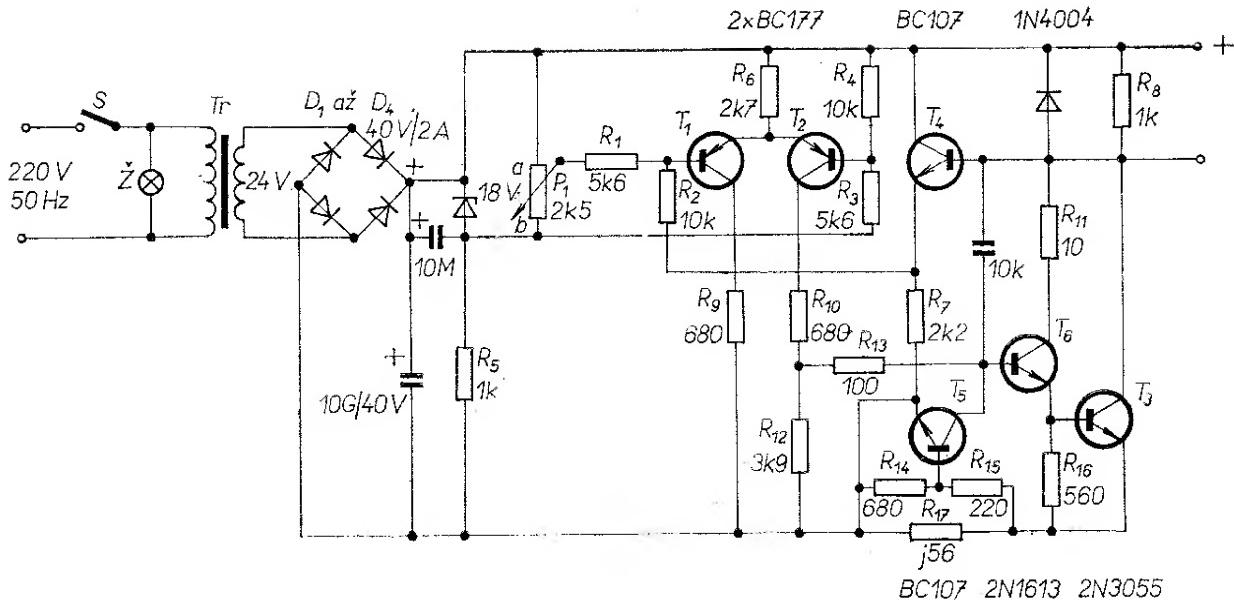
Stabilizovaný zdroj na obr. 2 je dnes již jedním z klasických řešení tohoto typu elektronických přístrojů.

Výstupní napětí zdroje se volí potenciometrem  $P_1$ . Je-li běžec potenciometru u kraje odporové dráhy, označené na obrázku  $a$ , je na výstupu zdroje maximální napětí. Výstupní napětí závisí na Zenerově napětí referenční diody (obrázku 18 V) a na odporech  $R_1$  a  $R_2$  podle vztahu

$$U_{\text{výst}} \doteq (R_2/R_1) U_Z,$$

jsou-li  $R_1 = R_3$  a  $R_2 = R_4$ .

Je-li běžec potenciometru v poloze  $b$ , je výstupní napětí nulové. Výstupní napětí se ovládá změnou předpětí báze jednoho z tranzistorů diferenciálního stupně ( $T_1$ ,  $T_2$ ), druhý tranzistor má předpětí báze konstantní. Aby regulátor pracoval dobře i při výstupních napěťích blízkých nule, je do báze řízeného tranzistoru diferenciálního zesilovače



Obr. 2. Stabilizovaný zdroj s výstupním napětím 0 až 32 V a s omezením výstupního proudu na 2 A

zapojen přes odporník  $R_2$  výstup zesilovače odchylky (chybového napětí) s tranzistorem  $T_4$ , který pracuje v zapojení se společným kolektorem.

Vlastním regulačním prvkem stabilizátoru je tranzistor  $T_3$ , výkonový křemíkový tranzistor n-p-n s kolektorovou ztrátou větší než 100 W. Tento tranzistor spolu s tranzistorem  $T_6$  tvoří Darlingtonovu dvojici a navenek se jeví jako jeden tranzistor s velkým proudovým zesílením. Snímací tranzistor  $T_5$  spolu s odpory v jeho elektrodách pracuje jako omezovač proudu, a to tak, že při zkratu na výstupu je výstupní proud maximálně 2 A. Změnou poměru odporek v bázi  $T_5$  lze měnit i maximální výstupní proud (popř. lze maximální výstupní proud volit i změnou odporu  $R_{17}$ ).

Tranzistory  $T_6$  a  $T_3$  musí mít svůj zvláštní chladič o ploše podle maximálního odebíraného proudu.

Tranzistory lze nahradit takto: místo BC177 lze použít naše typy KF517 nebo KFY16 či KFY18, místo BC107 typy KC147 nebo KC507, místo 2N1613 typy KF506 nebo KF508, popř. KFY46, místo 2N3055 jakýkoli výkonový křemíkový tranzistor typu n-p-n s odpovídající kolektorovou ztrátou. Místo diody

1N4004 lze použít libovolnou křemíkovou diodu se závěrným napětím větším než asi 50 V. Zenerovu diodu lze nahradit typem 8NZ70.

Elector č. 5/1974

### Stabilizovaný napájecí zdroj 270 V, 0,6 A

Stejnosměrné stabilizované napájecí napětí větší než 200 V je nezbytné např. v elektronkových rozkladových obvodech u barevné televize, lze ho využít i v některých radioamatérských zařízeních, jako jsou vysílače apod. Zapojení na obr. 3 je jištěno proti zkratu a proti přetížení, dovoluje odebírat na výstupu proud až 600 mA při napětí 270 V.

Na první pohled je zapojení velmi komplikované. Jeho činnost je však relativně jednoduchá a výsledky s ním dosažené jsou velmi dobré.

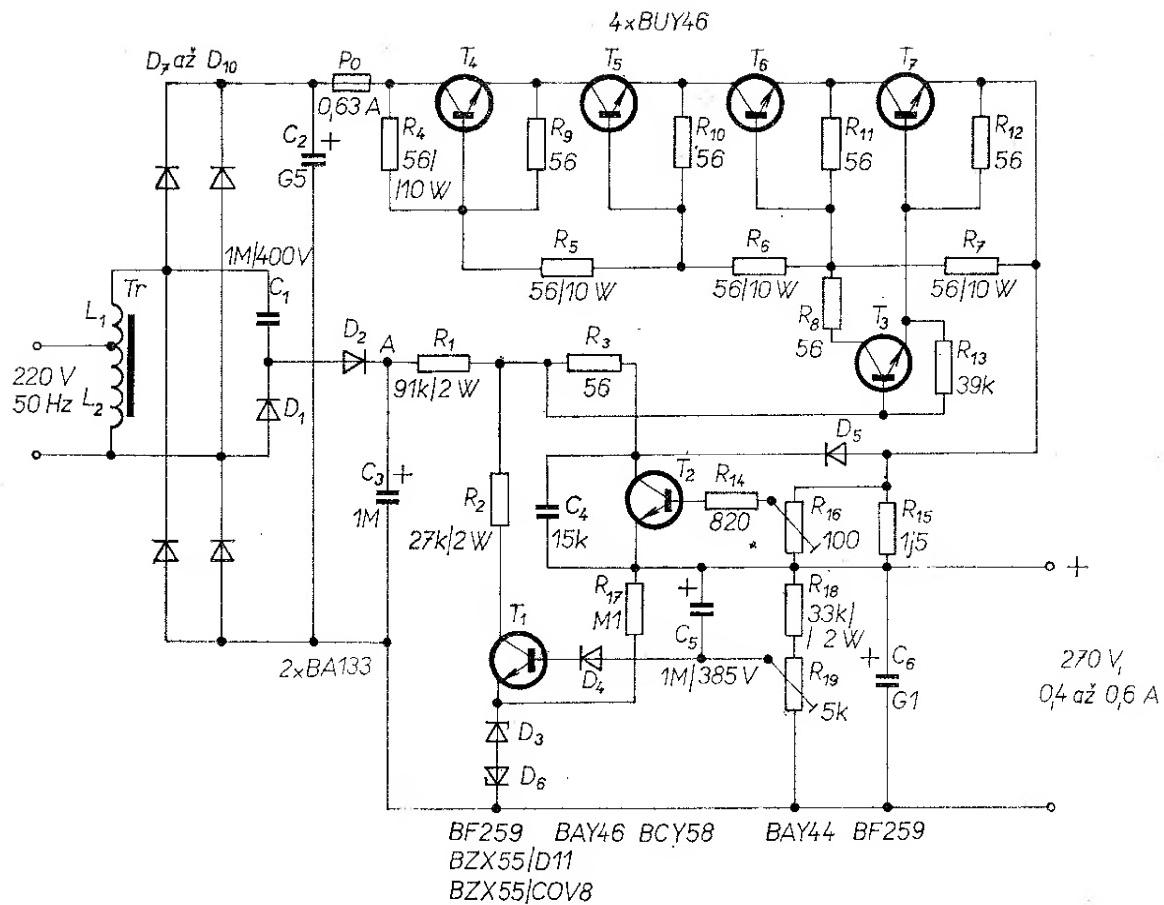
Nejdříve technické údaje:

*napájecí napětí:* 220 V, 50 Hz ( $\pm 10\%$ );

*výstupní napětí:* 270 V;

*maximální výstupní proud  $I_{výst\ max}$ :* 0,6 A;

*základní výstupní proud  $I_{výst\ min}$ :* 0,4 A;



Obr. 3. Stabilizátor napětí 270 V/0,4 až 0,6 A

teplotní drift výstupního napětí:  $0,125 \text{ V}/^\circ\text{C}$ ;  
zvlnění výstupního napětí: 50 mV;

maximální proud do zkratu: 1,6 A;

teplotní odpor chladičů

pro  $T_4$  až  $T_7$ : menší než  $10 \text{ }^\circ\text{C/W}$   
(každý);

pro  $T_1$  až  $T_3$ : menší než  $60 \text{ }^\circ\text{C/W}$   
(každý).

Síťový transformátor je na jádru M74 bez vzduchové mezery,  $L_1$  má 180 z drátu o  $\varnothing 0,9 \text{ mm CuL}$ ,  $L_2$  má 1 180 z drátu o  $\varnothing 0,4 \text{ mm CuL}$ .

Principem se zapojení blíží běžnému typu stabilizátoru napětí s proudovým omezením.

Činnost stabilizátoru napětí: napětí snímané na odporu  $R_{19}$  se porovnává pomocí tranzistoru  $T_1$  s referenčním napětím na diodě  $D_3$ . Proud do báze  $T_3$  ovládá tranzistor  $T_1$ . Změny proudu

Zenerovou diodou  $D_3$  ( $D_6$  slouží pouze k teplotní stabilizaci napětí na  $D_3$ ) musí být co možno nejmenší, aby výstupní napětí bylo co nejstálejší i při změnách proudu zátěží a při změnách napájecího napětí. Toho se dosáhlo relativně velkým proudem odporem  $R_{17}$  a vnějším pomocným napětím, přivedeným do bodu  $A$ . V bodu  $A$  je napětí 400 až 700 V, získané zdvojovačem ze síťového transformátoru.

Proud do zátěže protéká odpory  $R_4$  až  $R_7$  a jeho část protéká i kontrolním tranzistorem. Celkový výstupní proud vytváří na odporu  $R_{15}$  úbytek napětí, jímž se ovládá přes odporný trimr  $R_{16}$  činnost tranzistoru  $T_2$ . Tranzistor  $T_2$  ovládá pak činnost tranzistoru  $T_3$  tak, že při nadměrném výstupním proudu ho částečně nebo zcela uzavře. Jako kontrolní pracují (vzhledem k nejhoršímu případu, tj. ke ztrátě 30 W) celkem čtyři tranzistory,  $T_4$  až  $T_7$ .

**Činnost při přetížení a zkratu na výstupu:** zvětšuje-li se výstupní proud pomalu, bude se zvětšovat proud  $T_3$  lineárně do té doby, dokud se velikost výstupního proudu nebude rovnat jmenovitému výstupnímu proudu. Zvětší-li se výstupní proud nad zvolenou velikost, proud tranzistorem bude nulový. Celý výstupní proud pak prochází pouze odpory  $R_4$  až  $R_7$ , jejichž větev je proti přetížení chráněna tavnou pojiskou. Aby obvod pracoval bez přerušení při krátkodobých zkratech (při náhlém připojení a odpojení zátěže), je ve zdroji zapojen kondenzátor  $C_6$ , jehož náboj zajišťuje správnou činnost zdroje právě při podobných pracovních podmínkách. Díky zapojení kondenzátoru  $C_6$  na výstupu stabilizátoru jsou chráněny i kontrolní tranzistory proti proražení při přepínání.

Zvlnění výstupního napětí je 50 mV, je-li zvlnění vstupního napětí menší než 12 V. Výstupní napětí se mění se změnou okolní teploty v mezích 20 až 60 °C asi o 5 V.

Všechny aktivní prvky musí mít chladiče (kromě tranzistoru  $T_2$ ). Zařízení je galvanicky spojeno se sítí a je proto nutné prostudovat patřičné předpisy a podle nich se řídit.

Tranzistorům BUY46 odpovídají zhruba tranzistory KU607 (popř. tranzistory KUY12). Jako  $T_2$  lze použít např. tuzemský typ KF504. Za  $T_1$  a  $T_3$  není u nás na trhu ekvivalent, protože se tranzistor s odpovídajícím mezním napětím kolektor-emitor u nás nevyrábí. Stabilizační dioda  $D_3$  má Zenerovo napětí 11 V, jako  $D_6$  lze použít běžnou křemíkovou diodu. Usměrňovací diody je třeba vybrat podle odběru proudu a velikosti usměrňovaného napětí.

*Design Examples of Semiconductor Circuits (Siemens 1971/72)*

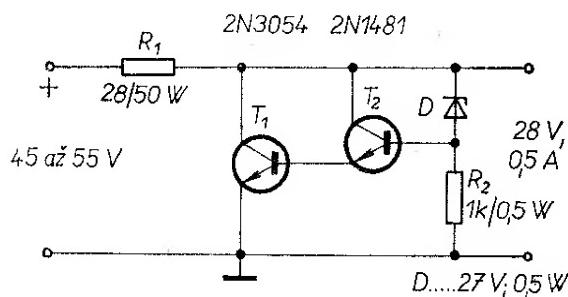
### Paralelní stabilizátor napětí

Stabilizátor napětí na obr. 4 je jedním z nejjednodušších, avšak nejúčinějších stabilizátorů. Patří k tzv. paralelním stabilizátorům (angl. shunt type regulator), které jsou v praxi mnohem

méně používány, než stabilizátory sériové, a to především pro malé výstupní proudy zcela neprávem. Popisovaný stabilizátor stabilizuje vstupní napětí 45 až 55 V na konstantní výstupní napětí 28 V. Do odběru proudu asi 500 mA je stabilita výstupního napětí asi 0,5 %.

Oba dva tranzistory stabilizátoru pracují jako proměnné odpory. Jako referenční člen je v obvodu zapojena stabilizační dioda se Zenerovým napětím 27 V ( $U_Z = 27$  V, dovolená ztráta 0,5 W). Zenerova dioda pracuje v oblasti průrazného napětí, v této oblasti je na ní v širokém rozsahu proudu diodou stálý úbytek napětí rovný Zenerovu napětí.

Bude-li se výstupní napětí stabilizátoru zvětšovat, ať již vlivem většího vstupního napětí, nebo menšího proudu do zátěže, zvětší se proud odporem  $R_2$  a proud Zenerovou diodou. Protože úbytek napětí na diodě je za všech okolností stálý, zvětší se pouze úbytek napětí na odporu. Větší úbytek napětí na odporu  $R_2$  více otevře tranzistor  $T_2$ ,



Obr. 4. Paralelní stabilizátor napětí 28 V, 500 mA

tranzistorem protéká větší emitorový proud. Větší emitorový proud má za důsledek větší otevření tranzistoru  $T_1$ , jímž začne také protékat větší proud. Větší proudy oběma tranzistory způsobí větší úbytek napětí na odporu  $R_1$ , který je zapojen v sérii se zátěží. Obvod je navržen tak, aby jakákoli změna napětí na výstupu odpovídala změně úbytku napětí na odporu  $R_1$ . To má za následek, že výstupní napětí je stálé a nezávislé jak na změnách vstupního napětí, tak na změnách zátěže (v uvedeném rozsahu).

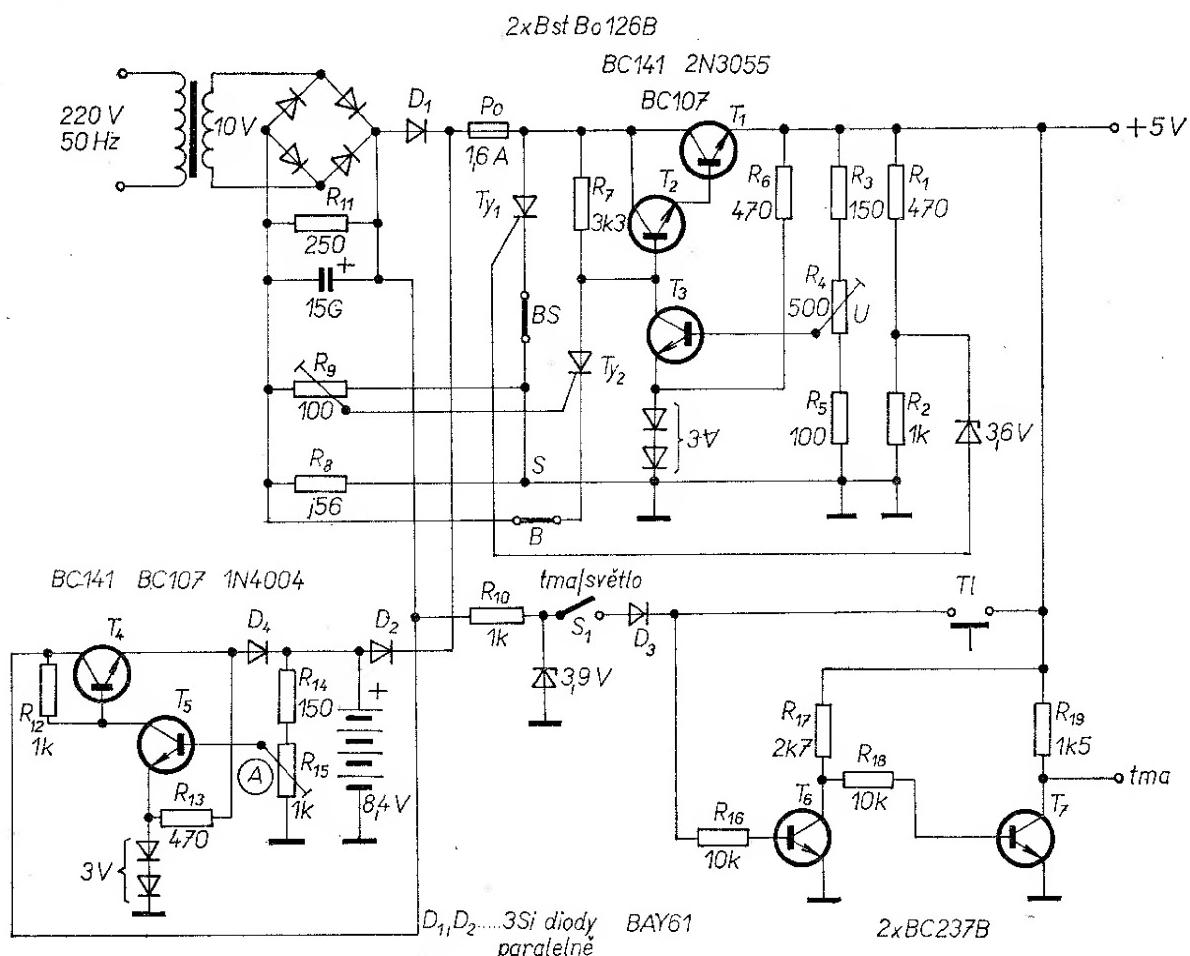
Zmenšuje-li se napětí na výstupu, probíhá celý stabilizační pochod opačně – tranzistory se přivírají, úbytek napětí na odporu  $R_1$  se zmenšuje.

Součástky lze nahradit takto: Zenerova dioda je na zatížení 0,5 W, vyhoví tedy dioda z řady NZ70 (popř. dvě v sérii), jako  $T_2$  lze použít tranzistor typu KF508, jako  $T_1$  křemíkový výkonový tranzistor n-p-n se ztrátou podle odebíraného proudu; pro zapojení na obrázku (proud 500 mA) by vyhověl např. tranzistor KU602 nebo KU612, popř. KD602. Jako  $R_1$  použijeme odporník se ztrátou 50 W, do jeho hodnoty 28  $\Omega$  je zahrnut i odporník sekundárního vinutí transformátoru, usměrňovače apod.

*RCA transistor, thyristor and diode manual*

### Zdroj stabilizovaného napětí 5 V k napájení integrovaných obvodů, jištěný proti výpadku sítě

Zásadním nedostatkem dosavadních konstrukcí např. elektronických hodin je nutnost napájet je ze sítě. Jsou-li hodiny spojeny navíc např. s budíkem, je každé, i krátkodobé přerušení síťového napětí velmi nepříjemné, neboť po obnově dodávky síťového napětí se hodiny obvykle nastaví zcela nedefinovatelným způsobem na libovolný čas. Používají-li se jako indikační prvky u hodin digitrony, je nahrazena síťového zdroje relativně složitá, neboť potřebujeme jednak napětí 5 V k napájení integrovaných obvodů, a jednak napětí asi 170 V k napájení digitronů. Spokojíme-li se



Obr. 5. Zapojení zdroje napájecího napětí pro elektronické hodiny. Zdroj se přepíná automaticky při výpadku sítě na bateriový provoz

však s tím, že po dobu přerušení dodávky proudu nebudou digitrony svítit, lze zajistit nepřetržitý chod hodin zapojením na obr. 5 (po úpravě, popsané zapojení slouží k napájení hodin s LED). Zapojení pracuje tak, že okamžitě při přerušení dodávky elektrického proudu připíná k hodinám akumulátor 8,4 V, popř. suché baterie. Použijí-li se suché baterie, lze ze zapojení vypustit tranzistory  $T_4$  a  $T_5$  a jejich obvody, neboť tyto tranzistory tvoří nabíječ akumulátoru (při obnovení dodávky proudu).

Zapojení napájecího obvodu je celkem jednoduché. Za usměrňovačem s vyhlazovacím kondenzátorem 15 000  $\mu\text{F}$  je zapojena dioda  $D_1$ , která má pouze vliv na průchod proudu z baterie při výpadku ze sítě. Dioda  $D_2$  slouží jako spínač na vstupu obvodu k dobíjení akumulátoru. Je-li zdroj napájen ze síťového napětí, je na katodě  $D_2$  asi 12 V. Na anodě diody je napětí akumulátoru, tj. 8,4 V. Na diodě je tedy napětí asi 3,6 V a dioda nevede. Akumulátor nedodává žádný proud, naopak, je dobíjen zdrojem konstantního proudu s tranzistory  $T_4$ ,  $T_5$ . Mezní napětí, na něž se má akumulátor dobíjet, lze nastavit potenciometrem  $R_{15}$  v bázi tranzistoru  $T_5$ , a to bez připojeného akumulátoru!

Bude-li přerušena dodávka energie ze sítě, nebude na katodě diody usměrněné síťové napětí a na její anodě bude stále 8,4 V. Dioda bude tedy otevřena, na výstupu stabilizátoru bude opět napájecí stabilizované napětí 5 V (z akumulátoru).

Vlastní stabilizátor s tranzistory  $T_1$  až  $T_3$  je běžné koncepce. V souvislosti s konstrukcí stabilizátoru je však vhodné připomenout, že v některých případech (má-li např. stabilizátor sklon ke kmitání) je nutné zapojit mezi bázi a kolektor tranzistorů  $T_1$  (popř. i  $T_2$ ) kondenzátor o kapacitě asi 2 až 5 nF. Místo diod BZ1021V4 lze zapojit i stabilizační diodu na napětí asi 3 V, popř. několik křemíkových diod v sérii tak, aby úbytek napětí na diodách byl asi 2,8 V (vyhoví např. čtyři diody typu KA500 nebo podobné typy). Diody jsou zapojeny v propustném směru!

Obvod je jištěn dvěma tyristory, ty lze případně ze zapojení vypustit. Pojistka pracuje takto: proud procházející odporem 0,56  $\Omega$  vyzvolá na něm odpovídající úbytek napětí. Je-li úbytek napětí větší, než odpovídá běžným pracovním podmínkám (tj. např. nastavení odporového trimru 100  $\Omega$ ), otevírá se tyristor  $Ty_1$  a báze tranzistoru  $T_2$  se spojí se zemí. Výstupní napětí se zmenší k nule. K opětnému uvedení do provozu je třeba zrušit vodivý stav tyristoru rozpojením spínače  $B$ .

Druhý tyristor pracuje jako přepěťová pojistka. Zvětší-li se z jakýchkoli důvodu napětí na výstupu stabilizátoru nad 5 V, projde část výstupního proudu stabilizační diodou BZY85 se Zenerovým napětím 3,6 V (mez, kdy diodou začne procházet proud, se volí výběrem odporů  $R_1$  a  $R_2$ ) a otevře se tyristor  $Ty_2$ . Tyristor ve vodivém stavu zkratuje kladnou větev stabilizátoru na zem. Zkratový proud je tak velký, že se přeruší pojistka 1,6 A na vstupu stabilizátoru. Tyristor  $Ty_2$  lze uvést do nevodivého stavu (po odstranění závady) přerušením napájecího napětí nebo vypnutím a opětným sepnutím spínače  $BS$ .

Při provozu na baterie se odpojuje displej (Minitrony nebo LED), neboť se tím výrazně zmenší spotřeba proudu. Jako ovládací integrovaný obvod pro uvedené druhy displejů se používá obvykle  $IO\ 7447$  nebo  $7446$ ; oba tyto obvody mají vstup, jímž lze ovládat rozsvícení nebo zhasnutí displeje. Je-li na tomto vstupu úroveň log. 1, číslice na displeji svítí, je-li na něm log. 0, číslice nesvítí. I při provozu na baterie lze však zjistit údaj na displeji jeho „rozsvícením“, a to na delší (libovolnou) dobu spínačem  $S_1$  (je-li sepnut, displej svítí), nebo na krátkou dobu stisknutím tlačítka  $Tl$  ( $S_1$  rozpojen).

K ovládání rozsvícení displeje slouží tranzistory  $T_6$  a  $T_7$ . Je-li na výstupu z kolektoru  $T_7$  nulové napětí, displej nesvítí. (Výstup z kolektoru  $T_7$  je připojen na vstup  $IO\ 7447$  nebo  $7446$ , jak bylo již uvedeno).

Celý zdroj se nastavuje jednoduchým způsobem: odporovým trimrem, který je označen  $U$  (500  $\Omega$ ) se nastaví poža-

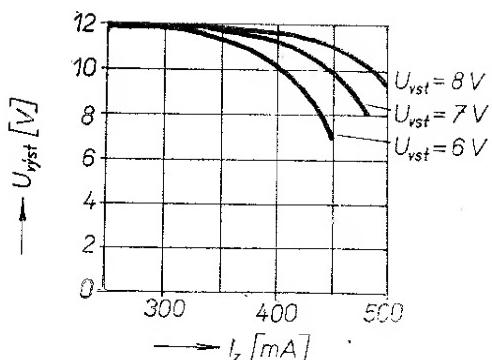
dované výstupní napětí 5 V. Výstup stabilizátoru se pak zatíží tak, aby výstupní proud byl asi 2 A. Odporovým trimrem  $R_9$  se seřídí pojistka s tyristorem  $Ty_1$  tak, aby výstupní napětí stabilizátoru bylo blízké nule při zvětšení výstupního proudu nad 2 A. Bez připojených akumulátorů se dále odporovým trimrem  $A$  (1 000  $\Omega$ ) nastaví napětí na anodě  $D_2$  na 8,4 V. Při použití akumulátoru s jiným napětím musí však být napětí na elektrolytickém kondenzátoru vždy asi o 1,5 V větší, než napětí akumulátoru.

Funkschau č. 23/1974

## Měnič napětí 6/12 V bez transformátoru

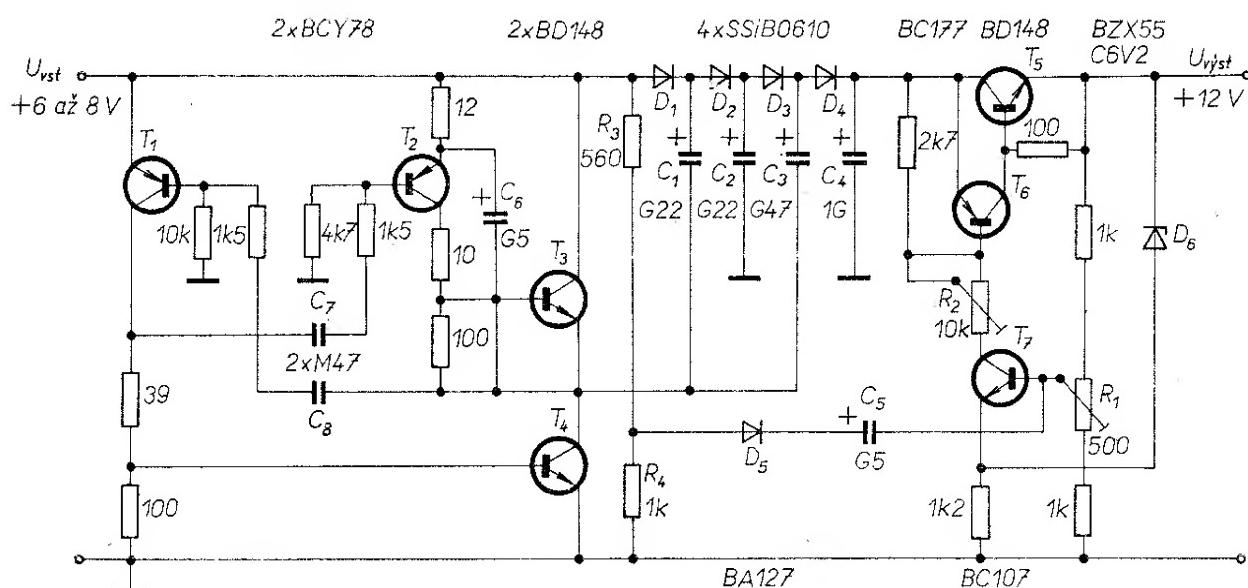
Většina běžně prodávaného příslušenství motorových vozidel je pro provozní napětí 12 V. U motorových vozidel s palubní sítí 6 V je proto třeba, chceme-li použít tyto přístroje, změnit napětí na větší, v tomto případě na 12 V.

Obvod na obr. 6 pracuje jako měnič stejnosměrného napětí 6 až 8 V na napětí 12 V bez transformátoru. Měnič se skládá z astabilního multivibrátoru, ztrojovače napětí a napěťového stabilizátoru. Výstupní signál z astabilního



Obr. 7. Závislost výstupního napětí na proudu do zátěže při různém pracovním (napájecím) napětí

multivibrátoru s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  se zesiluje ve stupni s tranzistory  $T_3$  a  $T_4$ . Takto získané napětí se zavádí do ztrojovače napětí, který ovšem ztrojuje napětí pouze teoretičky – v důsledku různých zbytkových napětí ( $D_1$  až  $D_4$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ) je výsledné napětí mnohem menší. Na velikost výstupního napětí má vliv i velikost zátěže, protože v závislosti na ní vznikají různé úbytky napětí na součástech měniče. Závislost výstupního napětí na zátěži a na velikosti vstupního napětí je zřejmá z obr. 7. Kondenzátor  $C_6$  stabilizuje do jisté míry napětí na emitoru  $T_2$ , proto se tranzistor  $T_3$  ote-



Obr. 6. Zapojení měniče 6/12 V bez transformátoru

vírá až do saturace, což zlepšuje účinnost obvodu.

Výstupní napětí lze nastavit v malých mezích odporovým trimrem  $R_1$ . Aby byl měnič chráněn proti zkratu na výstupu, lze odporovým trimrem  $R_2$ , jímž se nastavuje proud do báze kontrolního tranzistoru, nastavit měnič tak, aby se od určitého výstupního proudu výstupní napětí zmenšovalo, čímž se zmenší i výstupní proud. Při zvoleném maximálním výstupním proudu se celý obvod překlopí a uzavře se tranzistor  $T_6$ . Po odstranění příčiny závady (velkého výstupního proudu) je obvod připraven k další činnosti odpojením a opětovným připojením napájecího napětí. Přes startovací obvod  $R_3$ ,  $R_4$  a  $D_5$ ,  $C_6$  se přivede proud do báze  $T_7$  a tranzistory  $T_6$  a  $T_5$  se tím uvedou opět do vodivého stavu.

#### Technické údaje

*Pracovní napětí:* 6 až 8 V.

*Proud ze zdroje*

( $U_{vst} = 7 \text{ V}$ ,  $I_{vyst} = 300 \text{ mA}$ ): 1,1 A.

*Výstupní napětí:* 12 V.

*Maximální výstupní proud při*

$U_{vst} = 6 \text{ V}$ : 300 mA,

$U_{vst} = 7 \text{ V}$ : 400 mA.

*Činitel stabilizace*

( $U_{vst} = 7 \text{ V} \pm 10\%$ ,  $I_{vyst} = 350 \text{ mA}$ ):  
: 0,008.

*Zvlnění výstupního napětí:* 0,22 V.

*Výstupní odpor* ( $I_{vyst} = 0$  až 300 mA):  
0,33 Ω.

*Teplotní odpor chladičů pro  $T_1$ ,  $T_2$  a  $T_5$  má být  $40^\circ\text{C}/\text{W}$ ; ostatní tranzistory není třeba chladit.*

Všechny tranzistory kromě tranzistorů BD148 lze nahradit běžnými nf nebo spínacími tranzistory (křemíkovými) s minimální kolektorovou ztrátou (BCY78 a BC177 např. typy KF517 nebo KFY18, BC107 tranzistorem KC507 nebo 508). Tranzistory BD148 jsou výkonové křemíkové tranzistory

n-p-n, nahradit je lze tranzistory z řady KU nebo KD. Stabilizační dioda BZX55C6V2 má Zenerovo napětí 6,2 V, jako náhrada poslouží nejlépe tuzemský typ 1NZ70 nebo 2NZ70.

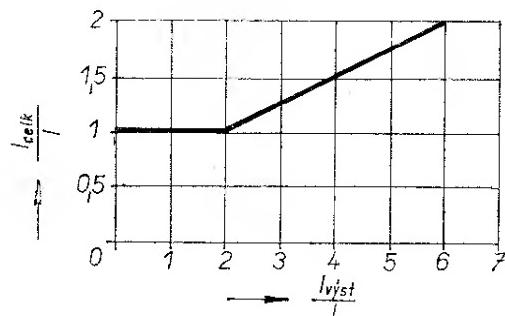
*Design Examples of Semiconductor Circuits (Siemens 1971/72)*

## Nf technika

### Nf zesilovač, pracující ve třídě A (AB) se stálým odběrem proudu (pro televizní přijímače)

Dvoučinné nf zesilovače bez transformátorů pracují převážně ve třídě B. To umožňuje, aby byl odběr proudu závislý na vybuzení; v některých aplikacích je však výhodné, aby byl odběr proudu zesilovače co nejstálejší (např. v televizních přijímačích, v nichž není napájecí zdroj dobře stabilizován, se může proměnný odběr proudu – především ve špičkách – projevit i nežádoucími změnami obrazu). Jak je známo, nejstálejší odběr proudu při změnách vybuzení mají zesilovače, pracující ve třídě A (AB).

Odběr proudu zesilovače, pracujícího ve třídě AB, v závislosti na proudu koncového stupně zesilovače je na obr. 8;  $I_{vyst}$  je špičková hodnota výstupního proudu,  $I$  je klidový proud koncového stupně zesilovače, pracujícího ve třídě AB. Celkový odběr proudu se zvětšuje nad konstantní velikost pouze tehdy, je-li špičkový výstupní proud nejméně



Obr. 8. Závislost poměru  $I_{celk}/I$  na poměru  $I_{vyst}/I$  u tranzistorového výkonového zesilovače s koncovým stupněm ve třídě AB

dvakrát tak velký, než klidový proud koncového stupně.

Pokud jde o účinnost podobných koncových stupňů, platí, že při

$$I = \frac{I_{\text{výst}}}{2},$$

a při maximálním výstupním výkonu je účinnost přibližně asi 50 % (stejně jako u běžného zesilovače ve třídě A s transformátorem, odečtou-li se ztráty, vznikající v transformátoru).

Příklad zapojení zesilovače ve třídě AB je na obr. 9. Zesilovač se napájí napětím 24 V, pracuje do zátěže  $16 \Omega$  a při této zátěži má výstupní výkon 4 W (s uvedenými tranzistory). Tranzistory BD135 a BD136 jsou doplňkové nf křemíkové tranzistory v pouzdrech z plastické hmoty; jejich maximální napětí kolektor-emitor a kolektor-báze je 45 V, napětí emitor-báze je max. 5 V, celková ztráta je 6,5 W, maximální kolektorový proud je 500 mA, zesilovací činitel  $h_{21E}$  je při  $I_C = 150 \text{ mA}$  a  $U_{CE} = 2 \text{ V}$  asi 40 až 250. Jejich mezní kmitočet je větší než 50 MHz.

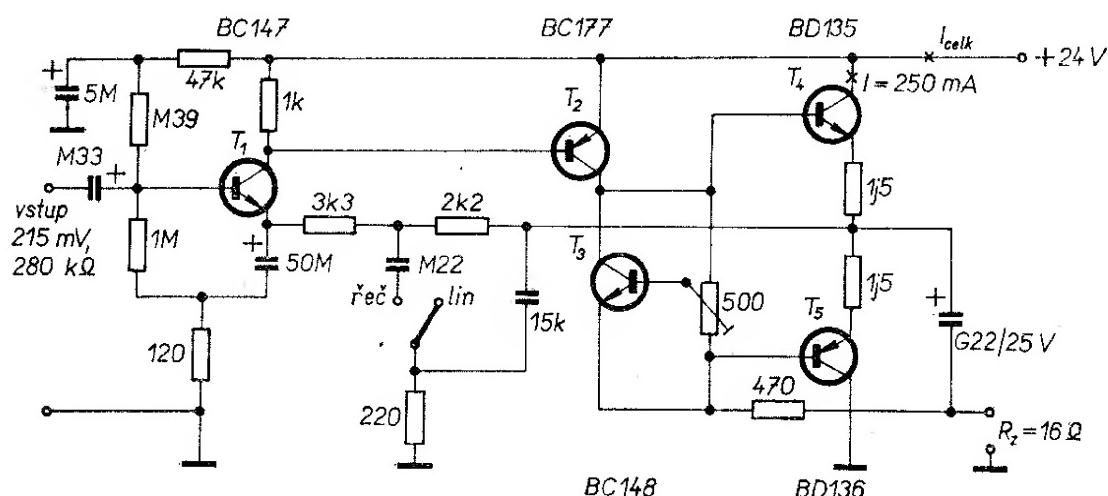
Odporovým trimrem 500  $\Omega$  se nastavuje klidový proud koncového stupně na 250 mA. Pak je poměr  $I_{\text{výst}}/I$  asi 2,5 a celkový odběr proudu při plném výstupním výkonu se tedy zvětšuje proti

odběru proudu v klidovém stavu pouze o 7 % (a to samořejmě pouze při buzení trvalým signálem, při buzení signálem s proměnnou úrovní (hudba) se proud zvětšuje mnohem méně).

Zesilovač je zapojen „klasickým“ způsobem, v zapojení je snad jen jediná zvláštnost: přenosovou charakteristikou zesilovače lze upravit pro reprodukci řeči tak, aby se dosáhlo co největší srozumitelnosti (viz přepínač řeč-lineární charakteristika).

Technické údaje zesilovače jsou velmi dobré. Výstupní výkon je maximálně 4 W, zatěžovací impedance 16  $\Omega$ , jmenovité vstupní napětí je 215 mV, jmenovitá vstupní impedance 280 k $\Omega$ , výkonové zesílení 74 dB, kmitočtová charakteristika při přepínači v poloze „lin“ je 50 Hz až 100 kHz pro -3 dB. Zkreslení při výstupním výkonu 2 W a na kmitočtu 1 kHz je při přepínači v poloze „lin“ menší než 1 %, v poloze „řeč“ menší než 3 %. Napájecí napětí je 24 V, odběr proudu ze zdroje je 275 mA při výstupním výkonu do 2 W, 282 mA při výstupním výkonu 3 W, 291 mA při 3,5 W a 300 mA při výstupním výkonu 4 W. Jmenovitý klidový proud  $I$  je 250 mA.

*Design Examples of Semiconductor Circuits (Siemens 1971/72)*



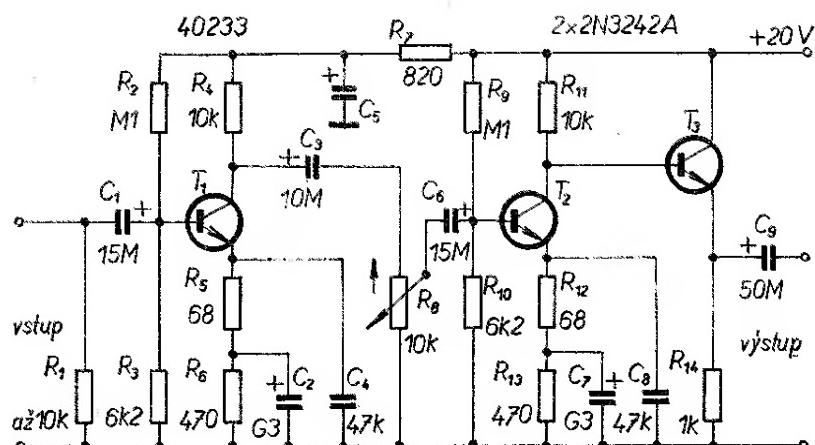
Obr. 9. Zapojení nf zesilovače, jehož koncový stupeň pracuje ve třídě AB. Tranzistor  $T_3$  musí být umístěn tak, aby teplota jeho pouzdra odpovídala teplotě chladiče koncových tranzistorů. Chladit se musí i tranzistor  $T_2$  (teplotní odpor větší než  $100^\circ\text{C}/\text{W}$ ); BC147, BC148 = = KC507; KC508; BC177 = KF517, koncové tranzistory nemají tuzemský ekvivalent

## Mikrofoniční předzesilovač s velkým rozsahem dynamiky

Na obr. 10 je třístupňový předzesilovač pro mikrofon. Je určen k použití s mikrofony s velkým výstupním napětím. Předzesilovač má celkové napěťové zesílení 1 500 až 2 000. Maximální nezkreslené výstupní efektivní napětí z předzesilovače může být až 5 V při zatěžovací impedanci (vstup další části zesilovače) nejméně 500  $\Omega$ . Maximální vstupní napětí může být asi 0,3 až 0,4 V.

Kmitočtová charakteristika předzesilovače je rovná od 20 do 30 000 Hz.

Napájecí napětí předzesilovače je 20 V, odběr proudu je asi 30 mA.



Obr. 10. Mikrofoniční předzesilovač s velkým rozsahem dynamiky

Vstupní tranzistor je křemíkový typ s malým šumem; tranzistor pracuje ve třídě A. Zesílený signál se vede z kolektoru tranzistoru přes kondenzátor  $10 \mu\text{F}$  a potenciometr hlasitosti  $10 \text{k}\Omega$  na další stupeň předzesilovače, který je tvořen tranzistorem 2N3242A. Také tento tranzistor pracuje ve třídě A (tj. s konstantním kolektorovým proudem), a to jako budič pro koncový tranzistor předzesilovače. Koncový tranzistor je zapojen jako emitorový sledovač. Stupně s druhým a třetím tranzistorem mají přímou, galvanickou vazbu. První dva tranzistory mají zápornou zpětnou vazbu emitorovým kondenzátorem, pro její přesné nastavení jsou emitorové odpory rozděleny na dva samostatné odpory.

Předzesilovač pracuje stejně dobře s mikrofony jak s malou, tak i s velkou impedancí. K přizpůsobení vstupní im-

pedance předzesilovače k impedanci mikrofonu slouží odpor  $R_1$ , který lze volit v rozmezí asi 1 000 až 10 000  $\Omega$ .

Jako první tranzistor lze použít tuzemský typ z řady KC, např. KC509. Druhé dva tranzistory lze nahradit některým typem z řady KF506 až 508, popř. KFY34 nebo 46. Potenciometr je běžný typ s logaritmickým průběhem odporové dráhy.

*RCA transistor, thyristor a diode manual*

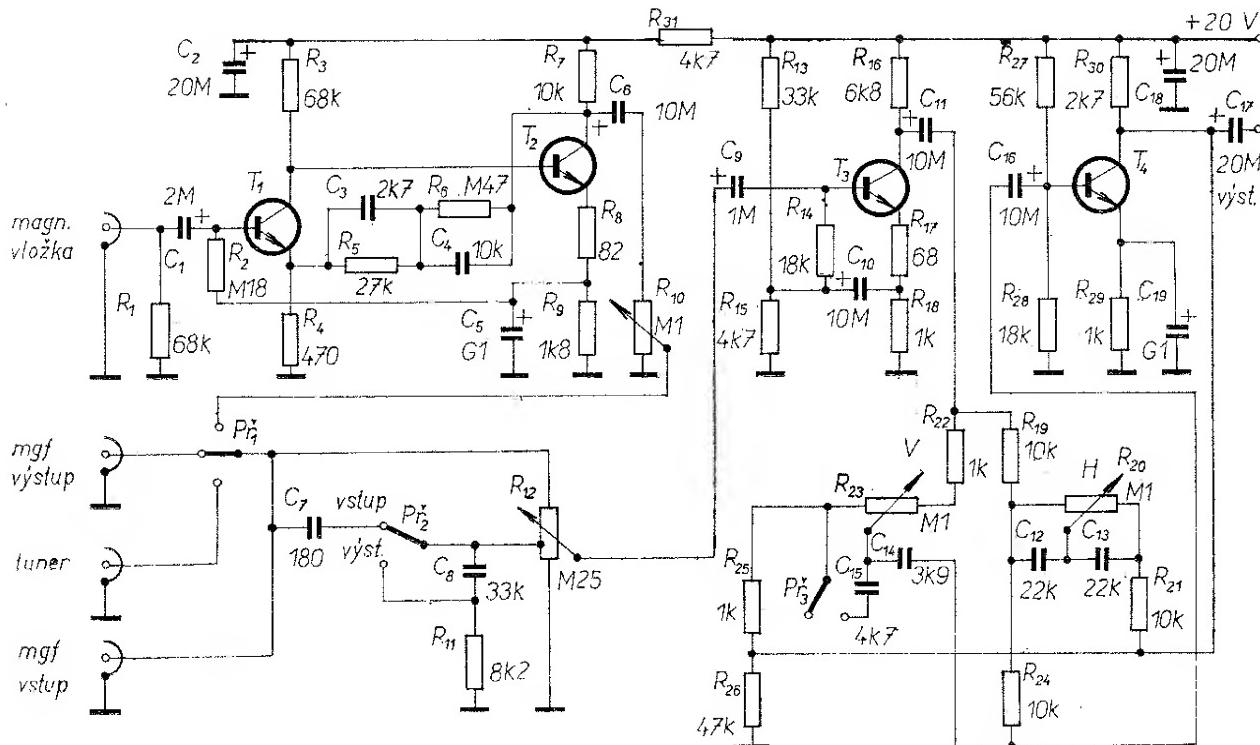
## Předzesilovač Hi-Fi pro gramofon, tuner a magnetofon

Předzesilovač, který splňuje všechny požadavky na jakostní zesílení signálů

z magnetické vložky přenosky, z rozhlasového tuneru a z magnetofonu je na obr. 11. Napěťové zesílení předzesilovače je voleno tak, aby signál 5 mV z magnetické vložky přenosky dal na výstupu předzesilovače signál o úrovni 1 V. Stejně bude na výstupu napětí 1 V, budou-li výstupní signály z tuneru nebo magnetofonu mít úroveň 300 mV.

Předzesilovač je konstruován tak, aby jeho výstupním signálem bylo možno vybudit běžný výkonový zesilovač. Proto jeho obvody obsahují jak regulátor hlasitosti (potenciometr s odbočkou), tak regulátory hloubek a výšek. Regulátor hlasitosti umožňuje fyziologickou regulaci hlasitosti, k regulátoru barvy tónů patří i filtr šumu (scratch filter), který lze zapojit přepínačem  $P_{r3}$ .

Předzesilovač pro magnetickou vložku přenosky má na vstupu křemíkový



Obr. 11. Předzesilovač Hi-Fi se třemi vstupy

tranzistor s malým šumem, který je přímo vázán s druhým tranzistorem. Oba tranzistory pracují v zapojení se společným emitorem a s několika zpětnými vazbami. Zpětná vazba článku  $RC$  z kolektoru druhého tranzistoru do báze prvního tranzistoru je volena tak, aby zesílení signálů různých kmitočtů bylo různé a odpovídalo normě R.I.A.A. Výstupní napětí z předzesilovače lze nastavit podle použité vložky přesně podle potřeby potenciometrem  $R_{10}$ ; napětí se obvykle nastavuje tak, aby maximální výstupní napětí z předzesilovače pro gramofon odpovídalo maximálnímu výstupnímu napětí tuneru a magnetofonu.

Jako přepínač vstupů pracuje  $P_1$ . Ze sběrače přepínače se vede signál jednak přes regulátor hlasitosti na obvody regulátorů barvy tónů, a jednak na vstup pro magnetofon, na němž je k dispozici signál pro nahrávání, nezávislý na poloze regulátoru hlasitosti předzesilovače.

Regulátory hloubek a výšek umožňují zdůraznit krajní kmitočty o 10 dB a potlačit o 15 dB. Pracují zcela nezávisle – vzájemně se neovlivňují. Ve střední poloze regulátorů má předzesilovač rov-

nou kmitočtovou charakteristiku v rozsahu 20 Hz až 25 kHz.

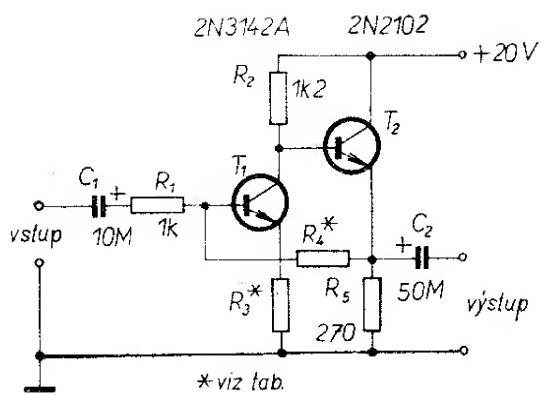
Přepínačem  $P_2$  lze ovládat kmitočtový průběh zesílení; je-li přepínač v horní poloze, jsou v reprodukci zdůrazněny hluboké tóny, v dolní poloze přepínače se potenciometrem hlasitosti reguluje signál nezávisle na kmitočtu.

Předzesilovač se napájí napětím 20 V, odběr proudu je asi 7,5 mA. Jako tranzistory  $T_2$  až  $T_4$  (v originálu 2N3242A) lze použít např. KC508, vstupní tranzistor předzesilovače pro gramofon by měl mít co nejmenší šum, jako náhrada původního tranzistoru 40233 je nevhodnější tuzemský typ KC509.

*RCA transistor, thyristor a diode manual*

### Univerzální nf předzesilovač

Univerzální dvoustupňový nf předzesilovač (obr. 12) má všeobecné použití, např. jako zesilovač pro zdroje signálu, které jsou vzdáleny od výkonových zesilovačů, jako výstupní zesilovač pro jednoduché rozhlasové přijímače, jako zesilovač pro nf signály, které je



Obr. 12. Univerzální předzesilovač s volitelným zesílením (popř. s volitelnou vstupní impedancí)

třeba přenášet na dálku a v dalších nf aplikacích.

Zesilovač má kmitočtovou charakteristiku rovnou v mezích 20 Hz až 20 kHz, napájí se napětím 12 V a může dodat výstupní napětí až 3 V (efektivní velikost) do zátěže minimálně 250  $\Omega$ .

Napěťový zisk a vstupní impedance předzesilovače závisí na emitorovém odporu prvního tranzistoru a na odporu ve zpětné vazbě předzesilovače ( $R_4$ ). Pro různé napěťové zesílení a pro vstupní impedance v rozmezí 2 700  $\Omega$  až 100 k $\Omega$  jsou odpovídající odpory v tabulce.

Zesílení	Vst. impedance [ $\Omega$ ]	Odpor $R_3$ [ $\Omega$ ]	Odpor $R_4$ [ $\Omega$ ]
166	2 700	0	680
22	7 300	39	470
17	9 000	68	430
10	15 000	100	390
3	55 000	390	360
1	100 000	1 200	330

(Údaje platí pro výstupní napětí 1 V do zátěže 250  $\Omega$ .)

První tranzistor je zapojen se společným emitorem, druhý pracuje jako emitorový sledovač. Oba stupně jsou navrženy tak, aby byl předzesilovač stabilní i při změnách jak teploty, tak napájecího napětí. Největší vliv na stabilitu zesilovače má záporná zpětná vazba z výstupu na vstup přes odpor  $R_4$ .

Zvětšuje-li se emitorový proud prvního tranzistoru, zmenšuje se předpětí báze druhého tranzistoru, neboť se zvětšuje spád napětí na odporu  $R_2$ . Zmenší-li se předpětí báze druhého tranzistoru, zmenší se odpovídajícím způsobem i jeho emitorový proud a tím i stejnosměrné napětí, přiváděné z výstupu na bázi prvního tranzistoru. Změní se tedy předpětí báze prvního tranzistoru a tím i jeho emitorový proud – zapojení je stabilizováno.

Jako náhradu za původní typy lze použít libovolné nf křemíkové tranzistory n-p-n, popř. při obrácení polarity napájecího napětí a elektrolytických kondenzátorů i tranzistory p-n-p.

*RCA transistor, thyristor and diode manual*

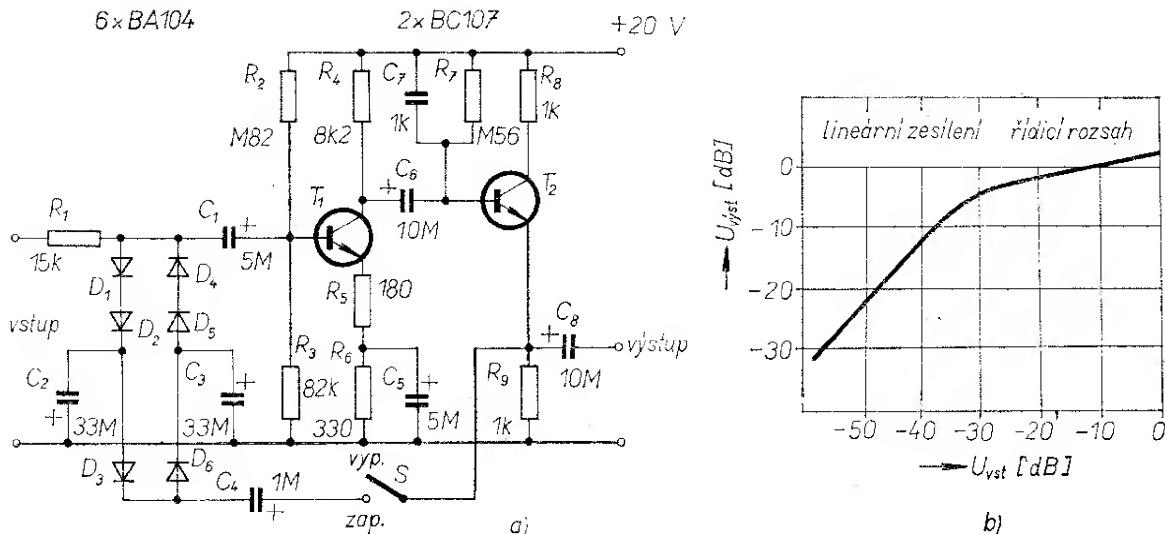
### Nf zesilovací stupeň s výstupním napětím v závislosti na vstupním napětí

Zapojení na obr. 13a lze stručně pojmenovat jako kompresor dynamiky. Proti běžným zapojením má však tu výhodu, že nemění (pokud jde o nelineární zkreslení) vlastnosti zpracovávaného signálu.

Výstupní napětí zesilovacího stupně se upravuje tak, že jeho část se vede zpět na vstup přes diodový můstek. Při zvětšujícím se výstupním napětí se zvětšuje i stejnosměrné napětí na vstupu zesilovače (tj. usměrněná část výstupního signálu), čímž se mění dynamický odpor diod (a tím velikost vstupního signálu). První tranzistor zesilovacího stupně slouží jako napěťový zesilovač, druhý pracuje jako měnič impedance, emitorový sledovač. Kondenzátory v diodovém můstku (33  $\mu$ F) určují „rychlost“ komprese, kondenzátory  $C_1$ ,  $C_5$  a  $C_6$  ovlivňují přenos signálů nízkých, kondenzátor  $C_7$  přenos signálů vysokých kmitočtů.

Regulační vlastnosti zapojení jsou zřejmé z obr. 13b. Kompresní stupeň je určen vztahem

$$\frac{\text{změna výstupní úrovni v dB}}{\text{změna vstupní úrovni v dB}} :$$



Obr. 13a. Zapojení nf zesilovacího stupně s výstupním napětím závislým na napětí vstupním (kompresor dynamiky)

Obr. 13b. Charakteristika zapojení z obr. 13a (kmitočet 1 kHz, 0 dB  $\doteq 1 \text{ V}$ )

Spínačem  $S$  lze odpojit větev s diodovým můstkem, zesilovací stupeň pak pracuje bez komprese jako kterýkoli běžný nf zesilovač.

Podobné nf zesilovače (tj. s komprezí) lze využít v mnoha oborech elektroniky, např. v amatérském vysílání, kdy zabezpečí optimální možnou modulaci vysílacích zařízení. Podobná zařízení se osvědčila i ve škole, např. při výuce řeči, při přenosu signálů po vedení atd. Přitom lze s výhodou využít toho, že celkem snadno lze nastavit úroveň vstupního signálu, od níž již přestává komprese účinkovat, takže je možno především signály nestejně úrovně „srovnat“ tak, že výstupní napětí je pro slabé i silné signály zhruba stejné.

Funkschau č. 2/1974

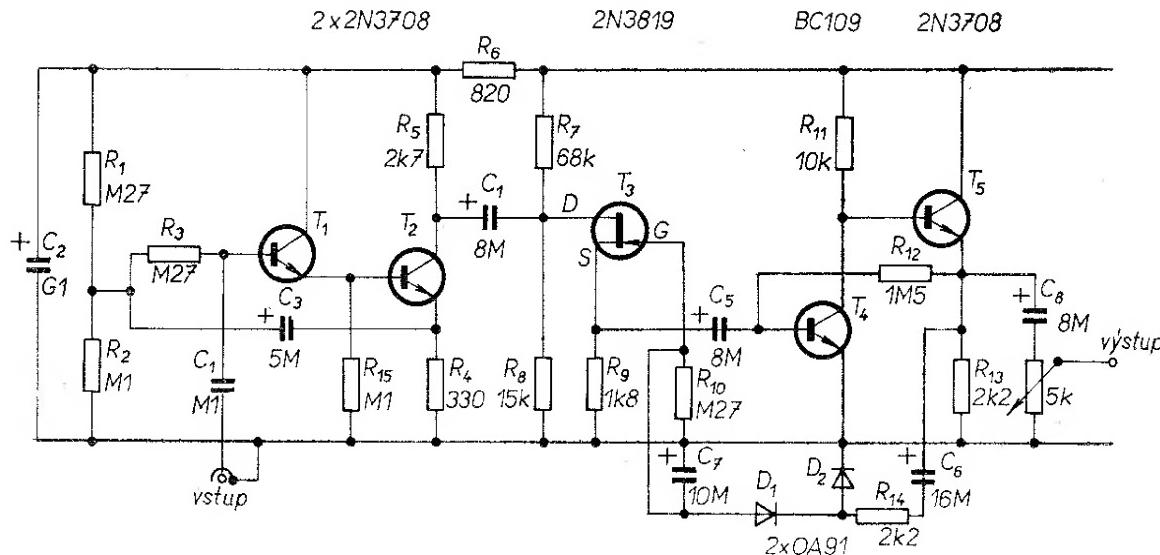
### Nf kompresor

Nf kompresor je v podstatě nf zesilovač, který má při nejrůznějších vstupních signálech konstantní výstupní signál (pokud jde o úrovně). Kromě použití, která byla uvedena v předchozím článku, lze navíc uvést další oblasti, v nichž najde kompresor uplatnění: záznam na magnetofon, jsou-li zdroje signálu v různé vzdálenosti od mikrofonu (např. při záznamu debaty osob, sedících kolem

podlouhlého stolu, v jehož středu je mikrofon), záznam signálů, jejichž intenzita kolísá atd.

V zapojení kompresoru na obr. 14 je jako napěťově řízený přizpůsobovací (útlumový) člen použit tranzistor, řízený polem. Vstupní impedance kompresoru je velmi velká (typicky  $2,5 \text{ M}\Omega$ ); kompresor je proto vhodný ve spojení s krystalovým mikrofonem. Výstupní impedance je velmi malá, takže kompresor lze připojit k jakémukoli běžnému zesilovači. Aby se dosáhlo co největší vstupní impedance, pracuje vstupní tranzistor  $T_1$  jako emitorový sledovač a je přímo vázán na druhý tranzistor (zesilovač v zapojení se společným emitem). Aby obvod s  $T_1$  měl co největší vstupní impedance, musí být v emitoru tranzistoru co největší odpór – emitor tranzistoru  $T_1$  je proto zapojen v sérii s dráhou báze-emitor druhého tranzistoru a odporem  $R_4$  a v sérii s odporem  $R_{15}$ . Aby se vyloučil „bočníkový“ vliv odporů  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  na vstupní impedance kompresoru, je v obvodu vstupních tranzistorů zapojen kondenzátor  $C_3$ .

Oba vstupní tranzistory mají jen velmi malý napěťový zisk, stupeň je stabilní i při jednoduchém zapojení.



Obr. 14. Nf kompresor s velkým vstupním odporem

Výstupní signál z druhého tranzistoru se vede na tranzistor řízený polem přes oddělovací kondenzátor  $C_4$ . Pracovní bod tranzistoru FET je nastaven odpory  $R_7$ ,  $R_8$  a odpory v elektrodách S a G. Vlastní útlumový článek je tvořen přechodem elektroda D – elektroda S a odporem  $R_9$ . Útlum obvodu se řídí napětím na řidící elektrodě FET; nemá-li řidící elektroda záporné předpětí, je impedance přechodu D-S velmi malá a útlum obvodu je také malý. Je-li na řidící elektrodě záporné předpětí, impedance přechodu D-S je úměrná jeho velikosti (až do určité míry) a útlum obvodu je značný. Tranzistor FET je tedy zapojen jako napěťově řízený útlumový článek.

Výstupní napětí z útlumového článku se vede na tranzistor  $T_4$  v zapojení se společným emitorem. Tranzistor má velké zesílení. Za tímto tranzistorem následuje emitorový sledovač s tranzistorem  $T_5$ . Výstupní napětí se oddebírá z potenciometru hlasitosti.

Výstupní napětí se přivádí ještě přes kondenzátor na usměrňovací diody  $D_1$  a  $D_2$ . Kondenzátor  $C_7$  vyhlazuje usměrněné nf napětí. Vyhlazené napětí se pak používá jako záporné předpětí k řízení útlumového článku. Protože závislost útlumu na předpětí řidící elektrody tranzistoru FET je zhruba logaritmická, mění se při malých vstupních signálech útlum pouze nepatrně, při zvětšování

vstupních signálů se útlum zvětšuje velmi rychle.

Zkreslení výstupního signálu je díky vhodně volenému zapojení velmi malé i při velkých vstupních signálech (např. při 250 mV efektivního vstupního napětí).

Časová konstanta „nasazení“ komprese závisí na kapacitě kondenzátoru  $C_7$ . S kondenzátorem, uvedeným ve schématu (10  $\mu\text{F}$ ) je časová konstanta asi 2 vteřiny. Čím bude mít kondenzátor menší kapacitu, tím kratší bude reakce obvodu na změny intenzity vstupního signálu.

Při vstupním napětí menším než 1 mV má kompresor zesílení asi 275. Od vstupního napětí asi 2,6 mV se výstupní napětí mění jen nepatrně: při změně od 2 do 50 mV se výstupní napětí mění jen asi o 25 %.

Jako tranzistory lze v zapojení použít tuzemské typy z řady KC (křemíkové, n-p-n), místo tranzistoru řízeného polem lze použít jako přibližnou nahradu tuzemské tranzistory MOSFET (KF521, KF520).

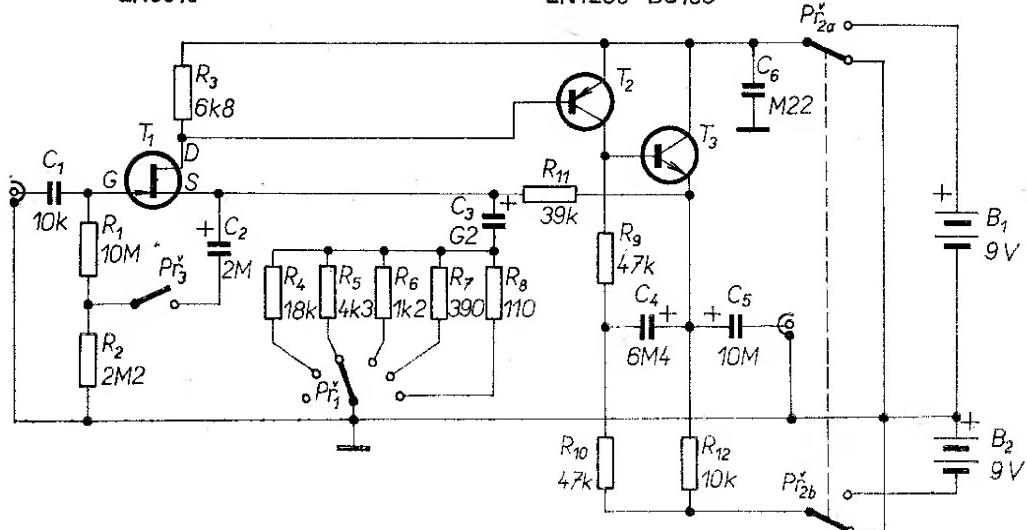
*Practical Electronics č. 2, (srpen) 1973.*

### Nf předzesilovač s volitelným zesílením

Zesilovač na obr. 15 byl vyvinut jako univerzální předzesilovací stupeň s co

2N3819

2N4289 BC168



Obr. 15. Nf předzesilovač s velkým vstupním odporem a s nastavitelným ziskem v rozmezí 0 až 50 dB

nejširším použitím. Využít jej lze např. jako zesilovacího stupně, který přizpůsobuje signál z nějakého zdroje výkonovému zesilovači, jako předzesilovače pro osciloskop (pro střídavé signály), jako impedančního přizpůsobovacího článku k navázání výstupu z krystalové nebo keramické vložky do přenosky, popř. z krystalového mikrofonu na zesilovač, který má malou vstupní impedanci atd.

U předzesilovače lze měnit zisk v rozmezí 0 až 50 dB, aniž by se podstatným způsobem měnily jeho vlastnosti.

#### Technické údaje

**Zisk:** přepínatelný po stupních (0, 10, 20, 30, 40 a 50 dB).

**Šířka pásma pro  $-3 \text{ dB}$ :** 10 Hz dolní mezní kmitočet, horní mezní kmitočet závisí na zisku –

- 200 kHz pro 50 dB,
- 500 kHz pro 40 dB,
- 800 kHz pro 30 dB,
- > 800 kHz pro 0, 10 a 20 dB.

**Maximální mezivrcholové výstupní napětí:**

12 V (bez zátěže), 7 V pro zátěž 10 k $\Omega$ , 1,5 V pro zátěž 1 k $\Omega$ .

**Šum (vztaženo ke vstupu):** 150  $\mu\text{V}$  (mezi-vrcholové napětí) pro vstup na prázdnno,

asi 25  $\mu\text{V}$  (mezivrcholové napětí) pro vstup nakrátko.

**Spotřeba proudu:** asi 1,2 mA.

**Vstupní odpor:** 12 M $\Omega$  při rozpojeném Př.3.

Celkové zapojení předzesilovače je na obr. 15. K získání velkého vstupního odporu je na vstupu předzesilovače použit tranzistor řízený polem (bez obtíží by bylo možno uvedený typ nahradit našimi typy MOSFET). Proud, tekoucí mezi elektrodami S a D, se mění v závislosti na napětí mezi řídící elektrodou G a elektrodou S. Tento proměnný proud se dále vede na bázi tranzistoru T<sub>2</sub>. Aby bylo možno přesně definovat zisk zesilovače a aby se dosáhlo co největšího kmitočtového rozsahu, je třeba zavést do elektrody S vstupního tranzistoru zpětnou vazbu. Aby zpětná vazba byla záporná, musí být přiváděný signál fázově posunut o 180°, toto posunutí obstarává tranzistor T<sub>2</sub>. Třetí tranzistor pracuje jako emitorový sledovač (zabezpečuje malou výstupní impedanci předzesilovače). Co největšího zesílení

stupně s tranzistorem  $T_2$  se dosáhlo zapojením emitorového sledovače do jeho kolektorového obvodu a velkým kolektorovým odporem  $R_{10}$ , který je „přemostěn“ kondenzátorem  $C_4$ .

Záporná zpětná vazba je vedena z výstupu přes odpor  $R_{11}$  do elektrody S vstupního tranzistoru. Zpětná vazba stabilizuje stejnosměrný pracovní režim předzesilovače a zmenšuje jeho výstupní impedanci. Stupeň zpětné vazby se mění podle nastavení zisku předzesilovače; maximální je zpětná vazba při zisku 0 dB. Pro zesilovač podobného zapojení lze zesílení určit z jednoduchého vztahu

$$A = \frac{A_1(R_s + R_t)}{R_t + R_s A_1}, \text{ je-li } A_1 \gg 1,$$

nebo

$$A = \frac{R_t}{R_s} + 1, \text{ je-li } A_1 \gg A.$$

V našem případě je  $A_1$  zesílení obvodu s otevřenou smyčkou záporné zpětné vazby (asi 3 000 až 7 000 podle zátěže). Odpor  $R_t$  je odpor  $R_{11}$  na obr. 15 a  $R_s$  je odpor, připojovaný do obvodu elektrody S vstupního tranzistoru přepínačem  $P_1$ .

Stabilita předzesilovače je velmi dobrá; aby byla zajištěna za všech okolností, je vhodné umístit předzesilovač do stínící krabičky a vstupní i výstupní napětí vést stíněným kabelem.

Zisk zesilovače v závislosti na nastavení přepínače  $P_1$ : je-li do obvodu připojen odpor  $R_4$ , je zisk 10 dB, při  $R_5$  20 dB atd., až při  $R_8$  je zisk 50 dB.

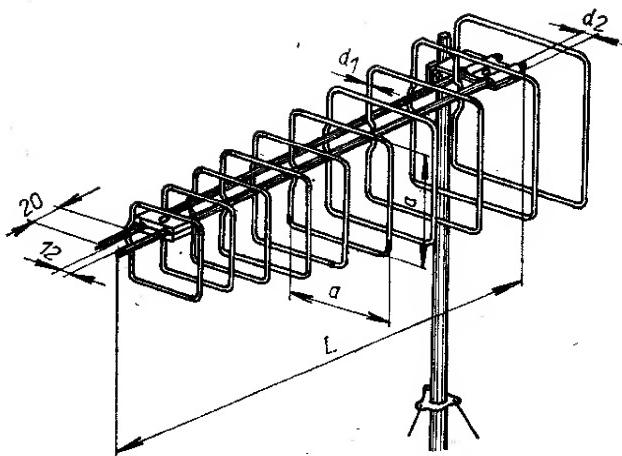
Místo tranzistorů  $T_2$  a  $T_3$  lze použít libovolné křemíkové tranzistory s malým šumem a velkým zesílením, jako  $T_2$  typy p-n-p, jako  $T_3$  n-p-n.

*Practical Electronics č. 1, (červenec) 1973*

## Antény a anténní rotátory

### Logaritmickoperiodická televizní anténa

K příjmu skupiny kanálů v metrovém i decimetrovém televizním pásmu lze s výhodou používat logaritmickoperiodické antény. Antény mají rela-



Obr. 16. Logaritmickoperiodická anténa

tivně velké zesílení a malé rozměry. Příklad takové antény je na obr. 16. Anténa se skládá z několika čtvercových „rámečků“, které jsou připevněny střídavě ke dvěma trubkám, tyto nosné trubky jsou v místě přichycení k nosné tyči vodivě spojeny těsně za prvním rámečkem. V místě přichycení posledního rámečku (s nejmenším průměrem) je vzdálenost trubek zajištěna izolační svorkou.

Rámečky jsou zhotoveny z měděné trubky o průměru  $d_1 = 3$  mm, nosné trubky mají průměr  $d_2 = 12$  mm a tloušťku stěny 2 mm. V jedné z trubek je uložen souosý kabel, jehož opletení je spojeno s druhou trubkou a střední vývod s pláštěm té trubky, v níž je uložen. Rozměry antény pro příjem v pásmu 470 až 620 MHz, která má zisk asi 9 dB, jsou v tabulce.

Číslo rámečku	Perimetru rámečku [mm]	Vzdálenost sousedního rámečku [mm]
1	960	72
2	910	68
3	864	65
4	820	61,5
5	778	58,5
6	730	55
7	692	52,5

(Pokračování tab. ze str. 18)

Číslo rámečku	Perimetru rámečku [mm]	Vzdálenost sousedního rámečku [mm]
8	652	49,5
9	618	47
10	584	—

Pro příjem šestého až dvanáctého televizního kanálu byla navržena tato anténa s rozměry:

Číslo rámečku	Perimetru rámečku [mm]	Vzdálenost sousedního rámečku [mm]
1	2 520	189
2	2 390	179
3	2 270	170
4	2 155	162
5	2 045	154
6	1 940	146
7	1 840	138
8	1 740	—

Autoři článku na závěr upozorňují, že místo rámečku lze použít i prvky tvaru velkého ruského P (azbukou, tzn. asi našeho U). Anténa pak může mít relativně velký zisk.

Radio, (SSSR), č. 4/1973

#### Servo k ovládání anténního rotátora

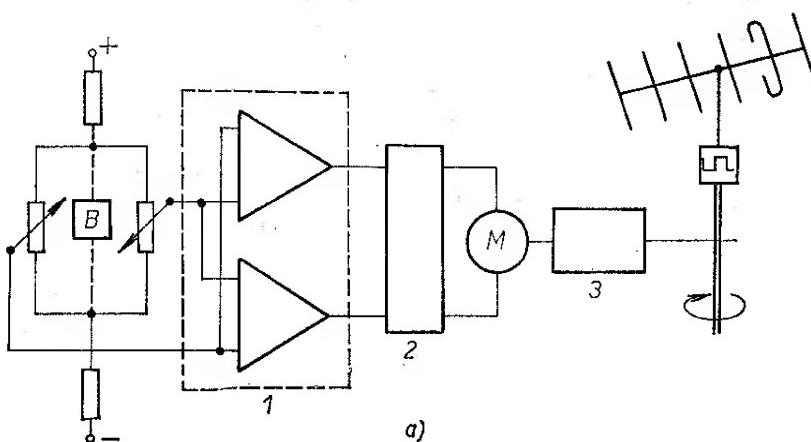
Obvod, popsaný v článku, z něhož je tento stručný výtah, vyvinul autor pů-

vodního článku k různým účelům a konkrétně použil ve spojení se stejnosměrným motorem 12 až 24 V/250 mA k proporcionálnímu dálkovému ovládání antény. Elektronickou část rotátoru lze však použít i k jiným účelům, např. k demonstraci, jak lze využívat zpětné vazby, na jakých principech je založeno dálkové proporcionální ovládání apod.

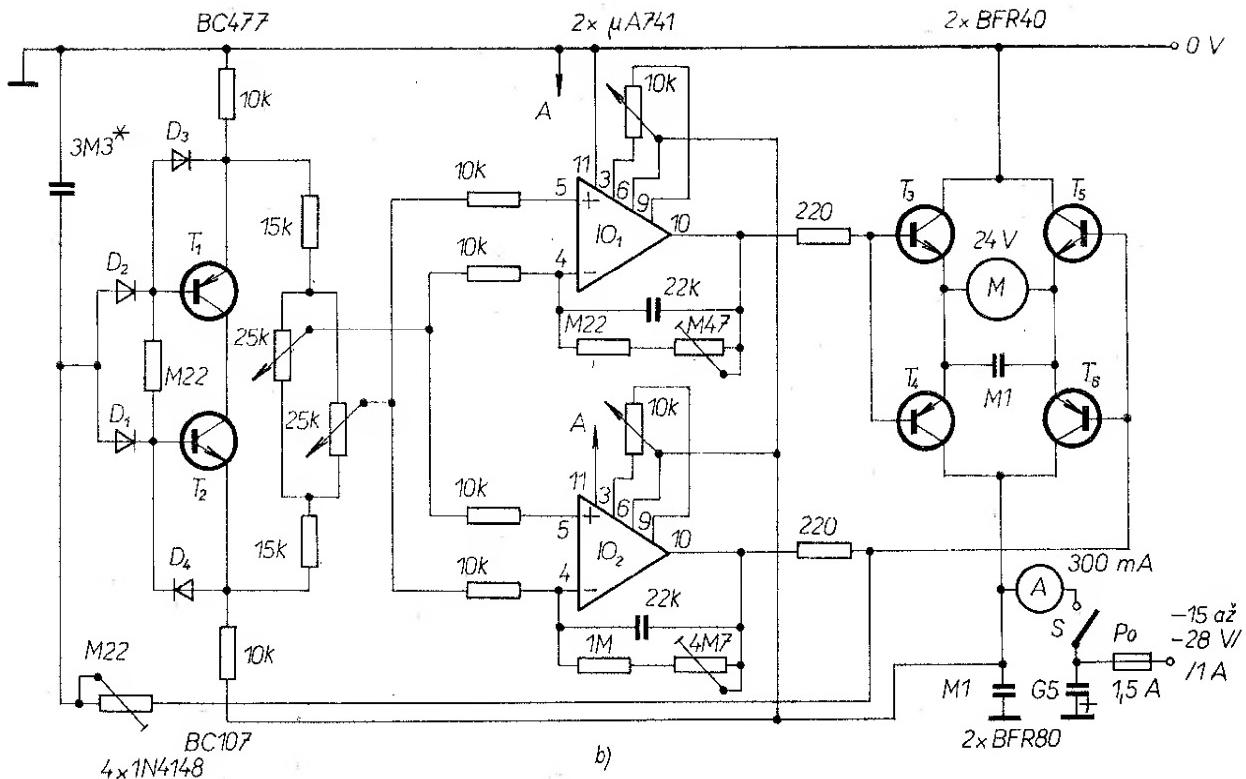
#### Systém proporcionálního ovládání

Na obr. 17 je schéma blokového proporcionálního ovládání. Kladná a záporná chybová napětí (error signals) se získávají z Wheatstoneova můstku. Běžec jednoho potenciometru (pravého) je mechanicky spřažen s otáčejícím se stožárem antény. Levým potenciometrem se volí úhel natočení antény. Rozdíl okamžité polohy běžce pravého potenciometru (závisí na okamžité poloze antény) a polohy běžce levého potenciometru (závisí na žádané poloze antény) vyvolá vznik chybového napětí. Chybové napětí se zesiluje diferenciálním zesilovačem 1 a pak výkonovým zesilovačem 2. K výstupu výkonového zesilovače je zapojen motor, jehož rychlosť a směr otáčení závisí na velikosti a polaritě výstupního signálu z výkonového zesilovače 2. Motor se bude otáčet tak dlouho, až zmizí chybový signál (tj. až budou polohy běžců obou potenciometrů shodné).

V konkrétním případě byly jako diferenciální zesilovače 1 použity dva integrované operační zesilovače, jako výkonový zesilovač dva páry komplementárních tranzistorů, zapojených jako



Obr. 17. Blokové schéma dálkového ovládání antény



Obr. 18. Schéma zapojení elektroniky anténního rotátoru

emitorové sledovače. Doplňkem zařízení je bočník *B* můstku, který zabezpečuje, že bude možno vypnout motor pro načtení antény do žádané polohy.

#### Zesilovač 1

Chybové napětí z Wheatstoneova můstku se přivádí na dva operační zesilovače, jejichž zesílení je nastaveno odporovými trimry  $0,47 \text{ M}\Omega$  a  $4,7 \text{ M}\Omega$ . Je-li na běžci levého potenciometru  $25 \text{ k}\Omega$  ve Wheatstoneově můstku (obr. 18) napětí kladnější než na běžci pravého potenciometru, je výstupní napětí horního operačního zesilovače záporné a výstupní napětí dolního operačního zesilovače kladné. Za tohoto stavu vedou tranzistory  $T_3$  a  $T_6$ ,  $T_5$  a  $T_4$  jsou uzavřeny. Tranzistory ve vodivém stavu představují pro napájecí větev motoru malou impedanci, proto se motor rozeběhne. Je-li běžec pravého potenciometru „kladnější“ než běžec levého potenciometru, prochází proud přes tranzistory  $T_4$  a  $T_5$ , polarita napětí na svorkách motoru je opačná (vzhledem k prvnímu případu).

#### Proporcionální ovládání

Pohyb motoru je přesně závislý na odchylce v nastavení běžců obou potenciometrů  $25 \text{ k}\Omega$ . Stejný princip se uplatňuje i při dálkovém ovládání modelů; popsaná verze je však podstatně „výkonovější“.

#### Realizovaný přístroj

Přístroj na obr. 18 lze napájet napětím asi 15 až 28 V (použije-li se motor dříve uvedených parametrů). Vždy se však doporučuje, aby napájecí napětí bylo minimálně 60 % napětí jmenovitého motoru (přičemž operační zesilovače je třeba napájet napětím maximálně asi  $\pm 15 \text{ V}$ , nebo  $28 \text{ až } 30 \text{ V}$ ).

*Popis zapojení:* obvod s diodami a tranzistory BC477 a BC107 spolu s potenciometry tvoří můstek (a bočník *B*), z něhož se odebírá chybová napětí v závislosti na natočení běžců potenciometrů  $25 \text{ k}\Omega$ . Běžce potenciometrů jsou připojeny ke vstupům operačních zesilovačů. Zpětnovazební kondenzátory u operačních zesilovačů se používají ke zmenšení

zisku a ke zlepšení stability. Paralelně ke svorkám motoru je připojen odrušovací kondenzátor.

Offset integrovaných obvodů se nastavuje na nulu potenciometry  $10\text{ k}\Omega$ . Postupuje se přitom tak, že se běžce potenciometrů nastaví přesně na střed odporové dráhy a vzájemně se zkratují. Potenciometry  $10\text{ k}\Omega$  se pak nastaví tak, aby na výstupu obou operačních zesilovačů byla přesně polovina napájecího napětí.

Je vhodné měřit buď odběr proudu celého zařízení (miliampérmetr do  $300\text{ mA}$ ), nebo použít měřidlo s nulou uprostřed v sérii s motorem k indikaci skutečného směru otáčení antény (motoru).

Napájecí zdroj by měl být dimenzován pro odběr proudu  $1\text{ A}$  a napájecí napětí by mělo být dobře vyhlazené.

Jako další použití uvádí autor ještě tyto možnosti: zapojí-li se místo jednoho potenciometru vhodný zesilovač (např. s operačním integrovaným zesilovačem  $\mu\text{A741}$ ) se sondou nebo čidlem, lze snímat např. napětí na termoelektrickém článku a výstupním napětím zařízení řídit příkon topných těles apod.

Křivky závislosti napětí na motoru na vstupním napětí z můstku a další podrobnosti včetně mechanického uspořádání celého rotátoru jsou uvedeny v původním pramenu.

Pokud jde o nahradu součástek, jako diody by bylo možno použít libovolné křemíkové diody; pro můstek by bylo třeba, aby diody měly pokud možno shodné parametry. Jako tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  je třeba vybrat komplementární páry, jediný dostupný u nás je KF507-KF517. Operační zesilovače typu 741 se budou brzy vyrábět i u nás, tento typ lze však nahradit typy 709 s libovolným písmenovým indexem nebo tuzemskými typy z řady MAA500. Koncové tranzistory zatím přímou nahradu čs. součástkami nemají. Potenciometry  $25\text{ k}\Omega$  můstku by měly mít toleranci maximálně 2 %. Kondenzátor  $3,3\text{ }\mu\text{F}$ , označený ve schématu hvězdičkou, se volí podle požadované časové konstanty ( $RC = 3,3\text{ }\mu\text{F}$  a trimr  $220\text{ k}\Omega$ ), s níž má začít pracovat bočníkový obvod, zasta-

vující motor. Pro informaci jsou v tabulce výstupní napětí operačních zesilovačů pro obě krajní a středovou polohu ovládacích potenciometrů můstku (napájecí napětí  $15\text{ V}$ , zpětnovazební odpory pro integrované zesilovače  $680\text{ k}\Omega$ , popř.  $4,7\text{ M}\Omega$ ):

	„kladný“ konec dráhy	střed	„záporný“ konec dráhy
$IO_1$	$1,9\text{ V}$	$0,25\text{ V}$	$-1,5\text{ V}$
$IO_2$	$2,0\text{ V}$	$0,25\text{ V}$	$-1,5\text{ V}$

Wireless World č. 1472, (duben) 1975

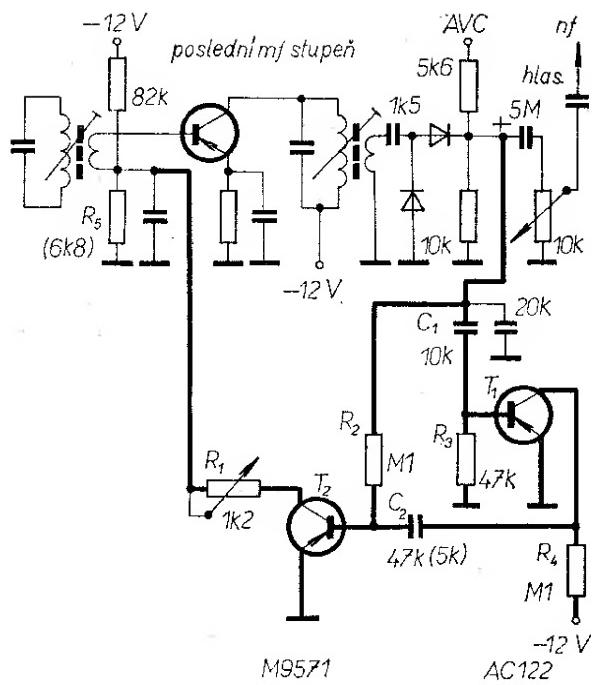
## Přijímací technika, přijímače

### Odstranění poruch v příjmu u občanských radiostanic

Občanské radiostanice malého výkonu se již delší dobu vyrábějí s tzv. protiporuchovou branou. Nejčastěji se používá protiporuchová brána zapojená tak, že se napětí AVC vede i na poslední nf zesilovací stupeň, který se zavírá či otvírá v závislosti na přijímaném signálu.

Rušení lze však potlačit i zapojením podle obr. 19. Zapojení pracuje mezi demodulátorem a posledním neřízeným mf stupněm. Pracovní signál není touto úpravou nijak narušen nebo zkreslen.

Za demodulátorem se odebírá nf signál přes kondenzátor s relativně malou kapacitou a vede se na bázi tranzistoru  $T_1$ . Zesílený rušící signál se vede z kolektoru tohoto tranzistoru na bázi  $T_2$  také přes kondenzátor. Báze tranzistoru  $T_2$  se udržuje napětím AVC (přes odporník  $R_2$ ) na poněkud záporném potenciálu. Kolektor druhého tranzistoru je pak spojen přes proměnný odpór s děličem báze tranzistoru posledního neřízeného mf stupně. Záporné rušící signály na bázi  $T_2$  otevírají vždy tento tranzistor po dobu svého trvání. Odporník  $R_1$  je pak jakoby paralelně připojen k odporu  $R_5$ , což znamená, že poslední mf stupeň má menší zesílení a rušící sig-



Obr. 19. Obvod k potlačení rušicích signálů v občanských radiostanicích malého výkonu

nál je účinně potlačen;  $R_1$  lze nastavením měnit tak, jak je k potlačení rušení třeba. Není-li přijímán užitečný signál, je napětí za demodulátorem kladné a obvod k potlačení rušení je odpojen, neboť tranzistor  $T_2$  je přes odporník  $R_2$  kladným napětím uzavřen.

Tranzistory použité v zapojení lze nahradit našimi typy takto: jako  $T_1$  lze použít víceméně libovolný vf nebo nf germaniový tranzistor p-n-p, jako  $T_2$  se musí použít tranzistor, který má v uzavřeném stavu co největší odporník. Použije-li se jako  $R_1$  potenciometr, může mít odporník až  $5\text{k}\Omega$ .

Funkschau č. 7/1974

Obr. 20. Jednoduchý přijímač pro příjem dvou stanic ve středovlnném nebo dlouhovlnném pásmu, napájený jedním niklo-kadmiovým článkem. Reprodukce je na sluchátko

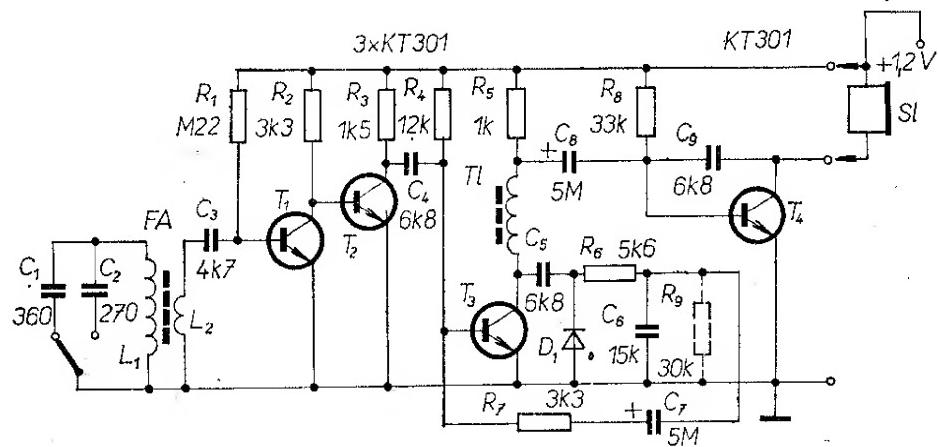
### Miniaturní přijímač pro napájení jedním článkem NiCd

Na obr. 20 je zapojení jednoduchého malého přijímače pro rozsah dlouhých nebo středních vln (lze přijímat dvě stanice, jejichž kmitočet se volí kapacitou kondenzátoru, připojeného paralelně k feritové anténě). Přijímač se napájí z jednoho niklo-kadmiového miniaturního akumulátoru o napětí 1,2 V (typ D-0,1), odběr proudu je asi 2 mA. Akumulátor dovoluje nepřetržitý provoz přijímače po dobu 40 hodin. Rozměry přijímače jsou  $16 \times 30 \times 62$  mm.

Přijímač má celkem pět stupňů, je osazen čtyřmi křemíkovými tranzistory typu KT301D. Stupeň s tranzistorem  $T_3$  je reflexní. Vstupní obvod přijímače je tvořen cívkou  $L_1$  feritové antény a paralelním kondenzátorem, který lze volit přepínačem. Přijímaný signál se odebírá z vazebního vinutí  $L_2$  feritové antény a vede na vstup třístupňového vf zesilovače. Zátěží tranzistoru  $T_3$  pro vf je tlumivka. Zesílený vf signál se vede z tlumivky přes kondenzátor  $C_5$  na detektor, tj. na diodu  $D_1$ .

Signál po detekci se přes filtr  $R_6$ ,  $C_6$  vede na bázi tranzistoru  $T_3$  (přes článek  $R_7$ ,  $C_7$ ), který ho zesílí. Zátěží tranzistoru  $T_3$  reflexního stupně pro nf je odporník  $R_5$ . Zesílený nf signál se pak dále zesiluje tranzistorem  $T_4$  a napájí se jím sluchátko (nebo telefonní vložka).

Feritová tyčka antény má rozměr  $3 \times 12 \times 60$  mm. Jako  $L_1$  slouží pět sekcí po 36 závitech drátu o  $\varnothing 0,1$  mm CuL (tj. celkem 180 závitů) vazební cívka má pět až deset závitů stejným drátem.



Pro příjem středních vln by cívka musela mít 60 až 80 závitů (laděné vinutí) a pět až šest závitů vazebního vinutí. Nejmenší kapacita paralelních kondenzátorů může být asi 10 pF, největší asi 360 pF.

Tlumivka je na feritovém prstencovitém jádru (toroid) o vnějším průměru 7 mm a má 200 až 220 závitů drátu o  $\varnothing$  0,1 mm CuL.

Křemíkové tranzistory lze v přijímači zaměnit za germaniové, změní se pak pouze odpory, určující pracovní body (tj.  $R_1$ ,  $R_4$ ,  $R_8$  a popř. i  $R_2$ ). Uvedené odpory je vhodné vyzkoušet i při osazení přijímače křemíkovými tranzistory, při tak malém napájecím napětí je nutné nastavovat každý stupeň přijímače zvlášť, chceme-li dosáhnout optimálních výsledků.

Odpor  $R_9$  se používá tehdy, je-li reprodukce zkreslená (bublavý zvuk). K tomu dochází tehdy, je-li odporník detekční diody v nepropustném směru příliš velký.

Celý přijímač je na desce s plošnými spoji o rozměrech  $25 \times 60$  mm.

Radio (SSSR), č. 7/1974

### Jednoduchý přijímač VKV se dvěma cívками

Přijímač na obr. 21 je určen pro příjem silnějších signálů VKV v pásmu 60 až 80 MHz. Má samočinné doladování kmitočtu a bezšumové ladění. Oba tyto obvody lze však pro zjednodušení vypustit bez újmy na základních vlastnostech přijímače.

Přijímač je superhet s nízkým mf kmitočtem 150 kHz. Při příjmu stanic FM se zdvihem kmitočtu  $\pm 50$  kHz je šířka mf pásmu 100 až 200 kHz. Signály tak širokého kmitočtového pásmu lze snadno zesilovat zesilovači s odpornou vazbou. Podobné řešení má však několik nedostatků, především je citlivé na příjem signálů zrcadlových kmitočtů. Každá stanice bude na stupnici přijímače dvakrát tehdy, je-li  $f_{mf} = f_{osc} - f_{vst}$  a  $f_{mf} = f_{vst} - f_{osc}$ . Ostatní stanice jsou na stupnici pouze jednou.

### Popis zapojení

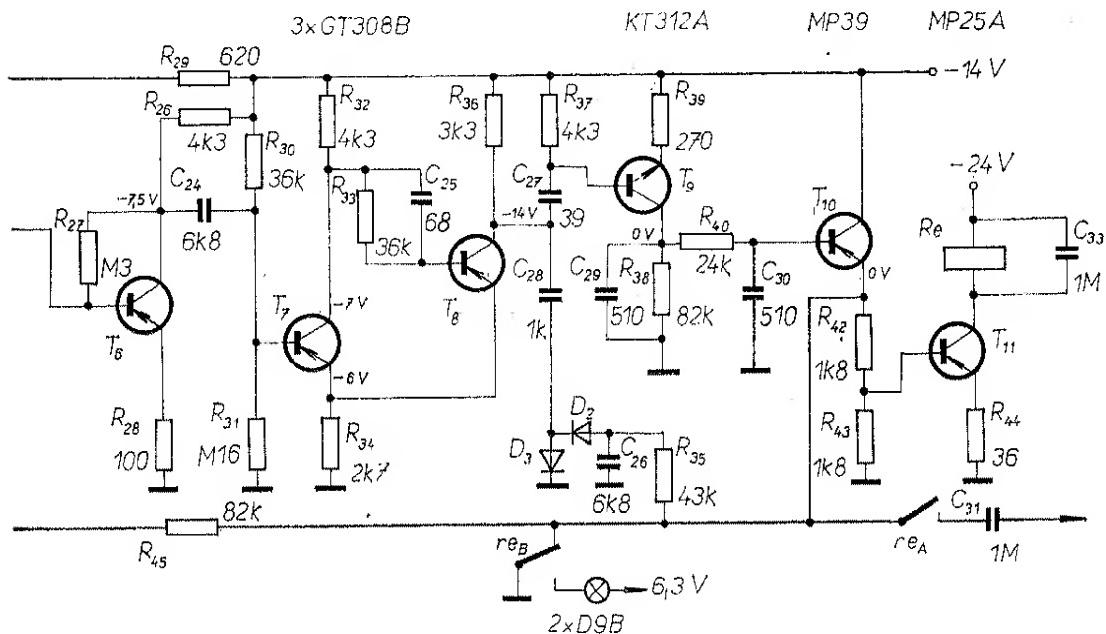
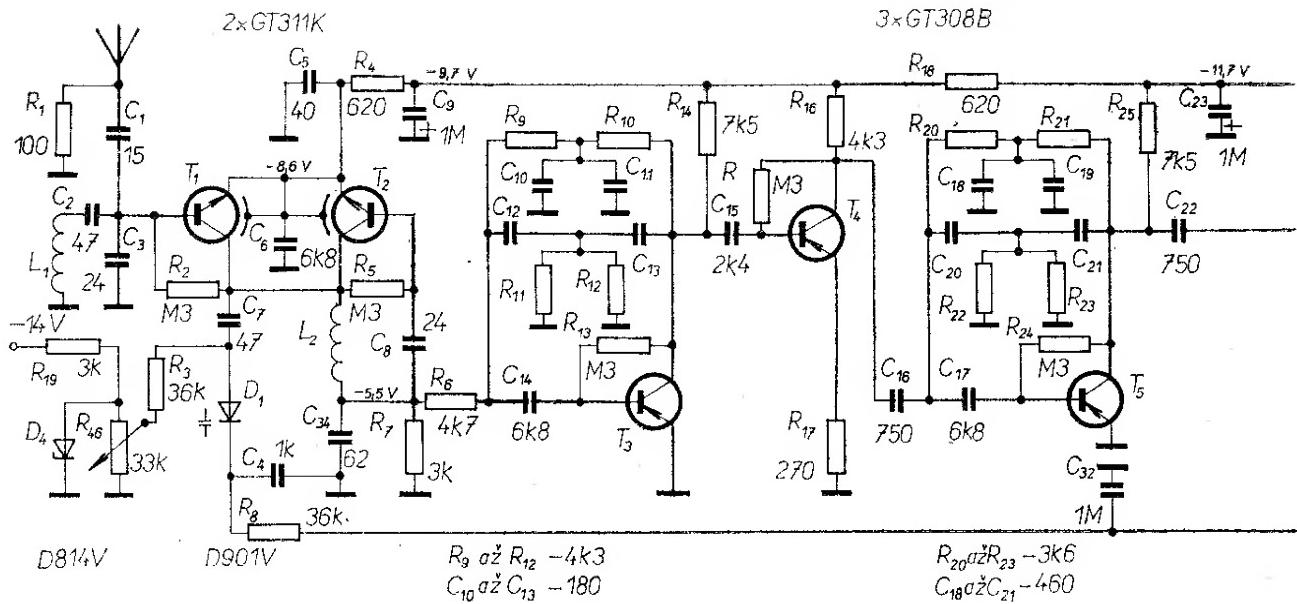
Vstupní část přijímače je osazena tranzistory  $T_1$  a  $T_2$ . První tranzistor pracuje jako vf zesilovač, druhý jako kmitající směšovač. Vstupní obvod  $L_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  je nastaven na střed přijímaného pásmá. Na přijímaný kmitočet se ladí obvod  $C_7$ ,  $L_2$ ,  $C_4$ ,  $C_{34}$  spolu s varikapem D901V. Obvod slouží jako laděný obvod pro vf zesilovač i oscilátor. Ladící napětí pro varikap se odebírá z potenciometru  $R_{46}$ .

Mf napětí se odebírá z odporu  $R_7$  a vede se přes odpor  $R_6$  na čtyřstupňový mezifrekvenční zesilovač s tranzistory  $T_3$  až  $T_6$ . První a třetí stupeň mf zesilovače jsou řízeny zápornou zpětnou vazbou přes dvojitý článek T. Stupeň s tranzistorem  $T_3$  je nastaven na kmitočet asi 190 kHz a stupeň s tranzistorem  $T_5$  na kmitočet asi 110 kHz. Výsledkem je charakteristika mf zesilovače se dvěma hrby na uvedených kmitočtech a se sedlem na kmitočtu 150 kHz. Stupeň s tranzistory  $T_2$  a  $T_4$  pracují na kmitočtu 150 kHz.

Mf napětí se omezuje Schmittovým klopným obvodem (jeho amplituda), který je sestaven z tranzistorů  $T_7$  a  $T_8$ . Výstupní omezené napětí jde pak na kmitočtový detektor přes odpor  $R_{33}$ . Signál je detekován na principu sčítání impulsů. Signál pravoúhlého tvaru se derivuje článkem  $C_{27}$ ,  $R_{37}$  a mění se v posloupnost krátkých impulsů. Záporné impulsy se nepoužívají, kladné otevírají tranzistor  $T_9$ . Impulsy kolektorového proudu tohoto tranzistoru nabíjejí kondenzátor  $C_{29}$ . Čím je za časovou jednotku impulsů více, tím větší záporné napětí bude na uvedeném kondenzátoru.

Signál zvukových kmitočtů postupuje pak přes filtr  $R_{40}$ ,  $C_{30}$  na tranzistor  $T_{10}$ , který je zapojen jako emitorový sledovač.

Aby byla zajištěna stálost nastavení na žádaný kmitočet (na přijímanou stanici) je v přijímači obvod k samočinnému doladění oscilátoru. Výstupní signál detektoru FM pro doladování použít nelze. K doladování se používá proto kladné napětí na kondenzátoru



Obr. 21. Zapojení jednoduchého přijímače VKV se dvěma cívками pro příjem silnějších signálů a s nízkým mezifrekvenčním kmitočtem (údaje cívek v původním pramenu bohužel nejsou)

$C_{26}$ , které se získává detekcí výstupního napětí Schmittova klopného obvodu diodami  $D_2$  a  $D_3$ . Součtem tohoto napětí a napětí na výstupu detektoru FM (v bodu spojení odporů  $R_{35}$  a  $R_{45}$ ) se získá signál, vhodný k ovládání ladicího varikapu (přes filtr  $R_{45}$ ,  $C_{32}$  a  $R_8$ ).

Bezšumové ladění je zabezpečeno tranzistorem  $T_{11}$  a relé. Je-li mf kmitočet přijímače v intervalu 150 až 200 kHz, je výstupní napětí detektoru tak velké, že je tranzistor  $T_{11}$  otevřen

a kontakt  $re_A$  tedy sepnut. Nf signál se objeví na výstupu přijímače. Druhý kontakt  $re_B$  relé se přepne a začíná pracovat samočinné doladování kmitočtu.

Nastavování přijímače je poměrně složité a je podrobně popsáno v původním pramenu, kde je uveden i nákres desky s plošnými spoji a další podrobnosti z teorie i praxe stavby přijímače.

Použité tranzistory jsou téměř všechny germaniové, bylo by možno je nahradit našimi typy z řady GF (např.

GF505) – pokud jde o GT311; jediný křemíkový tranzistor KT312A lze nahradit např. typem KF508, poslední dva germaniové tranzistory lze nahradit tak, že za typ MP39 lze použít libovolný nf germaniový tranzistor p-n-p, za typ MP26A pak tranzistor p-n-p, který je třeba vybrat podle proudu relé.

*Radio (SSSR), č. 12/1974*

### Obvod soustředěné selektivity

K problematice obvodů se soustředěnou selektivitou bylo již napsáno mnoho článků, jedním z nich je i článek v sovětském Rádiu z konce minulého roku. V tomto článku se autor zabývá návrhem a realizací obvodu se soustředěnou selektivitou se čtyřmi laděnými obvody a celkem podrobně popisuje jak teoretický návrh, tak praktickou realizaci. Na rozdíl od článků, které byly uveřejněny v naší literatuře, je obvod se soustředěnou selektivitou navržen pro amplitudově modulované signály, tj. pro přijímače s mezifrekvenčním kmitočtem kolem 465 kHz. Praktický obvod je na obr. 22. Podle teoretického zdůvodnění jsou hodnoty součástek obvodu:

– kondenzátory  $C_1$  až  $C_4$  vyhoví v rozmezí 200 až 1 500 pF, přičemž čím menší bude jejich kapacita, tím větší bude zesílení obvodu; chceme-li, aby byl dobře filtrován kmitočet oscilátoru, je třeba použít kondenzátory na horní mezi uvedené kapacity; ve většině případů vyhoví z obou hledisek kapacita kondenzátorů v rozmezí asi 500 až 1 000 pF;

– bude-li  $C_1$  až  $C_4$  mít kapacitu např. 510 pF, pak budou mít vazební kondenzátory mezi vnějšími laděnými ob-

vody stejnou kapacitu, a to  $C_{12}$  a  $C_{34}$  asi 6,5 pF a  $C_{23}$  asi 2,6 pF (vztahy pro výpočet jsou uvedeny v původním článku);

– indukčnost cívek laděných obvodů lze vypočítat ze vztahu

$$L = \frac{253 \cdot 10^2}{C f_0^2},$$

tj. pro paralelní kondenzátory 510 pF bude indukčnost cívek

$$L = \frac{253 \cdot 10^2}{0,51 \cdot 10^3 \cdot 21,6 \cdot 10^{-2}} \doteq 230 \mu\text{H}.$$

(jak je zřejmé, dosazuje se  $C$  v pF a  $f_0$  v MHz);

– počet závitů vinutí lze odvodit ze vztahu  $n = A \sqrt{L}$ . Přehled součinitelů  $A$  je pro nejrůznější jádra v knize Skripnikov: Laděný obvod (Kolebatelnýj kontur), kterou vydalo vydavatelství Energetika v roce 1970;

– odpory  $R_2$  a  $R_4$  lze vypočítat ze vztahu

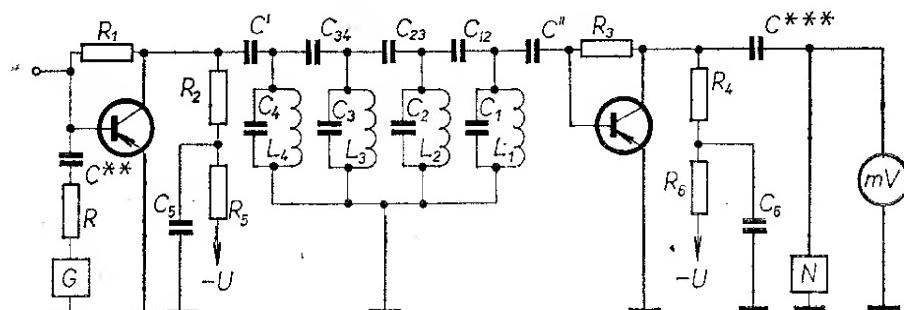
$$R_2 = R_4 = (U - U_C)/I_C,$$

kde  $U$  je napětí napájecího zdroje,  $U_C$  a  $I_C$  je napětí, popř. proud kolektoru příslušného tranzistoru;  $I_C$  bývá zvykem volit asi 100  $\mu\text{A}$ ;

– odpory  $R_1$  a  $R_3$  určujeme při nastavování obvodů pomocí proměnných odporů, neměly by být větší než asi 470  $\text{k}\Omega$ ;

– odpory  $R_5$  a  $R_6$  byly zvoleny 510  $\Omega$ , kondenzátory  $C_5$  a  $C_6$  mají kapacitu 47 nF.

Obvod je navržen pro běžné germaniové tranzistory, např. typu P403A, P416B atd.



Obr. 22. K návrhu obvodu se soustředěnou selektivitou pro přijímače AM

Při nastavování se zkušební signál přivádí z generátoru přes odpor  $R$  a kondenzátor  $C$ , výstupní napětí se snímá milivoltmetrem přes kondenzátor  $C^{***}$ . Je výhodné (většinou i nezbytně nutné) používat k nastavování i osciloskop  $N$ , ten se připojuje paralelně k milivoltmetru.

Závěrem autor píše, že navržený obvod byl použit v konkrétním přijímači sovětské výroby a že měření prokázala shodnost předpokladů a praktických výsledků. Výsledná selektivita přijímače vůči sousednímu kanálu byla nejméně 26 dB.

*Radio (SSSR), č. 11/1974*

## Měřicí technika

### Vf generátor

Dobrým pomocníkem v dílně je (byť jednoduchý) generátor signálů vysokých kmotocetů. Příkladem jednoduchého generátoru, který lze i amatérskými prostředky realizovat poměrně snadno, je vf generátor na obr. 23.

### Technické údaje

*Kmitočtový rozsah:* 0,15 až 12,5 MHz v dílčích rozsazích 0,15 až 0,5 MHz, 0,5 MHz až 2 MHz a 4 až 12,5 MHz.

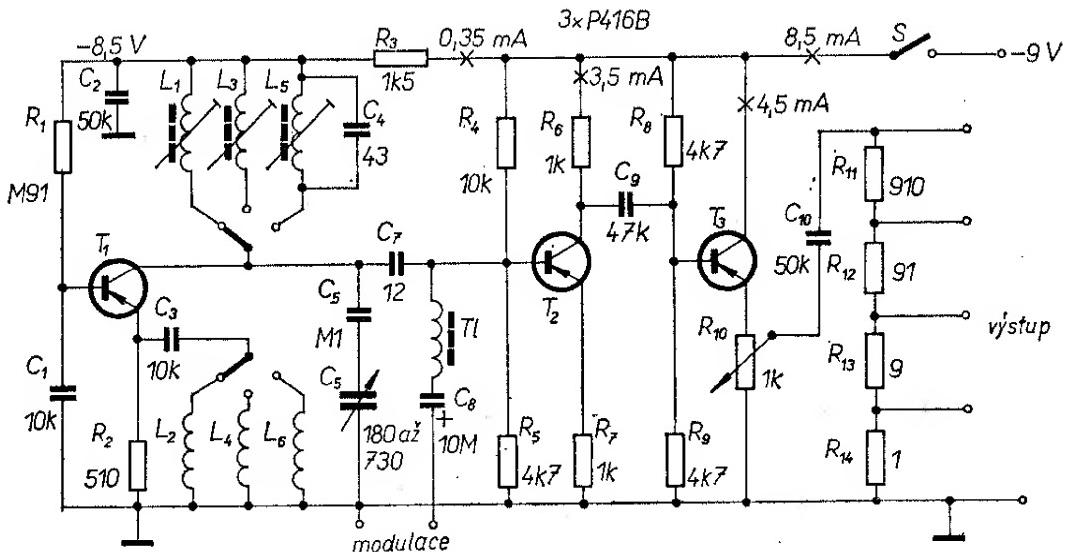
*Maximální výstupní napětí:* první pásmo 1,1 V, druhé pásmo 1,05 V, třetí pásmo 0,27 V.

*Výstupní signál je nemodulovaný, k modulaci lze použít jakýkoli nf generátor.*

*Napájecí napětí:* 9 V.

*Odběr proudu:* 8,5 až 8,8 mA.

Vlastní generátor signálu je tvořen oscilátorem (s indukční zpětnou vazbou) s tranzistorem  $T_1$ . Stejnosměrný pracovní bod tranzistoru se nastavuje odporem  $R_1$ . Přepínačem  $P_{1a}$  se volí cívka oscilátoru pro jednotlivé rozsahy, přepínačem  $P_{1b}$  se přepínají zpětnovazební cívky  $L_2, L_4, L_6$ . Nemodulovaný vf signál se vede z kolektoru prvního tranzistoru přes oddělovací kondenzátor  $C_7$  na bázi druhého tranzistoru, kde se moduluje signálem nf generátoru, přivedeným na zdírky „modulace“. Tlumivka v přívodu modulačního signálu zabraňuje zkratu vf signálu přes napájecí obvody nf generátoru. Druhý a třetí tranzistor jsou zapojeny do kaskády a zesilují modulovaný signál. Výstupní napětí se odebírá z odporu v emitoru koncového (třetího) tranzistoru a lze ho měnit jemně posuvem běžece potenciometru  $R_{10}$  a hrubě po dekadických násobcích volbou příslušné výstupní zdírky.



Obr. 23. Vf generátor 0,15 až 12 MHz

Jako ladící kondenzátor se používá duál, jehož obě sekce jsou zapojeny paralelně. Jako tranzistory lze použít libovolné výf germaniové tranzistory se zesilovacím činitelem asi 60 až 80. Cívky jsou na kostřičkách o  $\varnothing$  asi 8 mm s ferokartovými jádry (vhodné jsou např. cívky z televizoru Rubín, z nichž lze použít jak kostřičku, tak i drát). Cívka  $L_1$  má 440 závitů drátu o  $\varnothing$  0,15 mm, uspořádaných do čtyř sekcí po 110 závitech, cívka  $L_3$  má 150 ze stejného drátu, je ve třech sekcích, cívka  $L_5$  má 12 závitů drátu o  $\varnothing$  0,5 milimetru; zpětnovazební cívky mají 35,9 a 1 závit drátu o  $\varnothing$  0,15 mm. Tlumivka má na stejném jádru jako cívky asi 600 závitů drátu o  $\varnothing$  0,15 mm v pěti sekcích.

Podrobné uvádění do chodu a velmi podrobné konstrukční údaje jsou uvedeny v původním pramenu.

Radio (SSSR), č. 5/1972

### Nf generátor

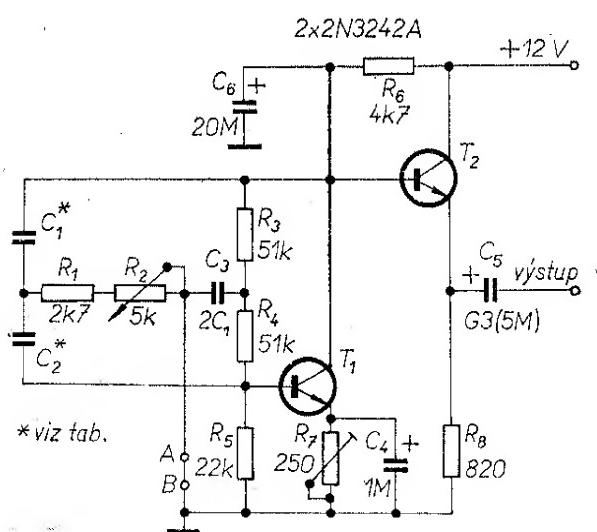
Nf generátor v dnes již v klasickém zapojení (obr. 24) může generovat signál v rozmezí 5 až 100 000 Hz v závislosti na kapacitě kondenzátorů  $C_1$  a  $C_2$ . Generátor se výborně hodí ke zkoušení nf Hi-Fi zařízení, amatérských vysílačů apod., lze ho též jednoduše upravit jako zdroj signálu k výuce telegrafní abecedy,

klíč lze zapojit např. mezi A a B. Oscilátor je napájen napětím 12 V a jeho výstupní signál lze přivést do jakéhokoli dalšího zařízení, jehož vstupní impedance je větší než 3 000  $\Omega$ . Zesilovací tranzistor  $T_1$ , kondenzátory  $C_1$  až  $C_4$  a odpory  $R_1$  až  $R_3$  tvoří oscilátor s dvojitým článkem T. Část signálu z kolektoru prvního tranzistoru se vede na dvojitý článek T. Výstupní signál z článku T se vede na bázi prvního tranzistoru. Vzniká kladná zpětná vazba, která umožňuje činnost oscilátoru.

Sinusový signál na kolektoru prvního tranzistoru napájí bázi druhého tranzistoru, který pracuje jako emitorový sledovač.

Proměnným odporem ve dvojitém článku T (5 k $\Omega$ ) lze měnit jemně kmitočet výstupního signálu v mezích  $\pm 10\%$  kmitočtu základního signálu. Proměnný odpor v emitoru prvního tranzistoru slouží k nastavení co nejpresnějšího tvaru sinusovky.

K součástkám: tranzistory jsou běžné nf křemíkové typy, na místě  $T_1$  i  $T_2$  vyhoví např. naše typy řady KC500 nebo KC100. Kondenzátor  $C_5$  má pro kmitočty do 2 000 Hz kapacitu 300  $\mu\text{F}$ , pro kmitočty nad 2 000 Hz 5  $\mu\text{F}$ . Kapacity kondenzátorů  $C_1$  a  $C_2$  v závislosti na požadovaném kmitočtu oscilátoru (nf generátoru) jsou v tabulce.



Obr. 24. Generátor nf signálu (oscilátor s dvojitým článkem T)

Kmitočet asi [Hz]	Kapacita kondenzátorů $C_1$ a $C_2$
100 000	50 pF
50 000	100 pF
10 000	500 pF
5 000	1 nF
1 000	5 nF
500	10 nF
100	50 nF
50	0,1 $\mu\text{F}$
10	0,5 $\mu\text{F}$
5	1 $\mu\text{F}$

Kondenzátor  $C_3$  má vždy dvojnásobnou kapacitu kondenzátoru  $C_1$ ; je-li např.  $C_1 = 50 \text{ nF}$ , je  $C_3 = 0,1 \mu\text{F}$  apod.

RCA transistor, thyristor and diode manual

## **Univerzální levné měřicí přístroje**

## *Sledovač signálu*

Jedním z nejpotřebnějších přístrojů všeobecně založeného konstruktéra je sledovač signálu. Přístroj na obr. 25a patří konstrukčně k velmi jednoduchým přístrojům s dobrými parametry: jeho vstupní odpor je asi  $1 \text{ M}\Omega$ , napěťové zesílení vstupní části je 14, celkové napěťové zesílení (včetně integrovaného obvodu) je 2 500, tj. vstupní signál  $100 \mu\text{V}$  bude po zesílení přístrojem mít napětí  $250 \text{ mV}$  (na impedanci  $18 \Omega$ ). Výkonový zisk je asi 115 dB.

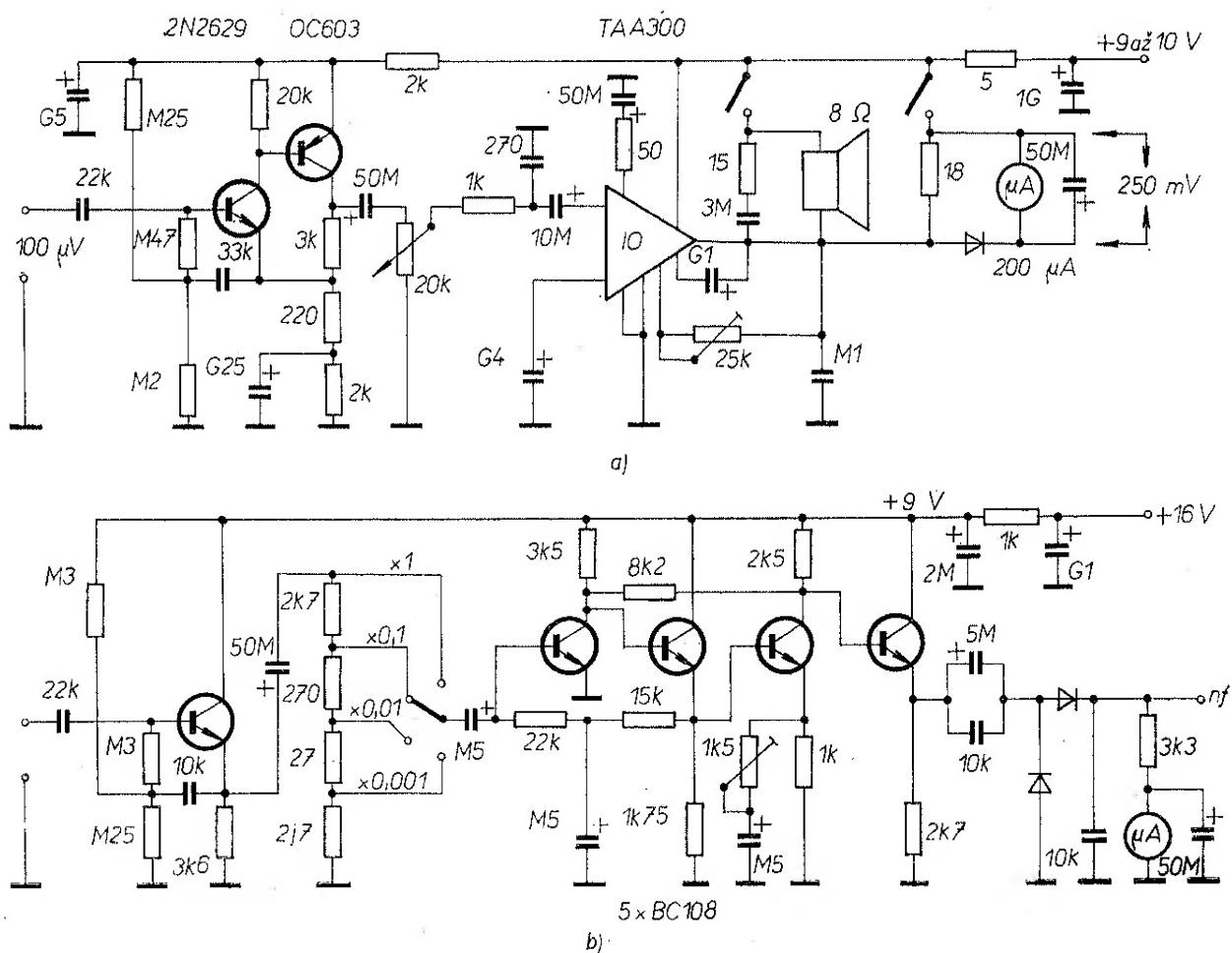
Vstupní obvod zesilovače je tvořen dvojicí doplňkových tranzistorů. Zesílený vstupní signál se vede přes potenciometr hlasitosti na integrovaný výkonový nf zesilovač, který je schopen zesílit vstupní signál až na výkon 1 W. Boucherotův

článek paralelně k reproduktoru zlepšuje reprodukci signálu. Výstup lze přepínat tak, aby bylo možno jednak sledovat výstupní signál reproduktorem a jednak ho indikovat měřidlem.

Autor původní konstrukce upozorňuje zvlášť důrazně na to, že je nutno důsledně zemnit celý přístroj do jednoho bodu, aby se vyloučily jevy jako kmitání, brum atd. Doporučuje též stínit celý vstupní zesilovač krytem z měděného plechu.

Sledovač lze napájet z baterií nebo ze sítě (jednoduchým nestabilizovaným síťovým zdrojem).

Tranzistory v přístroji lze nahradit z tuzemské produkce typy KF507 (n-p-n) a KF517 (p-n-p). Integrovaný obvod by bylo nejlépe nahradit naším výkonovějším typem MA0403. Dioda v sérii s měridlem je univerzální germaniová dioda, lze použít libovolný typ (např. z řady GA). Vzhledem k tomu,



Obr. 25. Univerzální levné měřicí přístroje; a) sledovač signálu, b) širokopásmový milivoltmetr

že měřidlo slouží pouze k indikaci, lze použít jakýkoli typ až do citlivosti 250 mV. Je-li použito měřidlo citlivější (např. 200  $\mu$ A na obrázku), je třeba podle velikosti měřeného signálu přepínat rozsahy měřidla, popř. ocejchovat potenciometr hlasitosti.

### Širokopásmový milivoltmetr

I tento přístroj (obr. 25b) je levný a přesto má velmi dobré vlastnosti: šířka pásma je asi 30 MHz, zesílení asi 50 dB.

Tranzistor na vstupu přístroje pracuje jako impedanční měnič; jeho vstupní impedance je velká a výstupní malá – je to proto, aby při měření přístroj nezatěžoval měřený obvod, a aby v děliči pro přepínání rozsahů mohly být relativně malé odpory, u nichž lze snadněji dodržet úzkou toleranci.

Za vstupním děličem následují další stupně přístroje v pořadí napěťový zesilovač, měnič impedance, napěťový zesilovač, měnič impedance. Demodulační obvod na výstupu posledního stupně je zapojen jako zdvojovač napětí. Měřicí zesilovač a detektor jsou navrženy tak, aby měřidlo mělo lineární stupnici.

Při konstrukci byl opět vzhledem ke stabilitě celý měřicí zesilovač umístěn do stínícího krytu a všechny „země“ připájeny do jednoho místa.

Pro cejchování je třeba znát přesnou velikost cejchovacího vf signálu. Odpověď trimrem v emitoru předposledního tranzistoru lze pak nastavit na měřidle příslušnou výchylku ručky – jsou-li odpory děliče přesné (1 %), souhlasí po ocejchování měřidla na jediném rozsahu i všechny ostatní rozsahy.

Jako měřidlo slouží mikroampérmetr s citlivostí 500  $\mu$ A. Je výhodné opatřit měřidlo stupnicí 0 až 15, protože na nejcitlivějším rozsahu je plná výchylka měřidla při vstupním napětí 1,5 mV. Poslední měřicí rozsah je potom 1,5 V.

Vstupní odpor přístroje je závislý na kmitočtu měřeného signálu a je na kmitočtu 200 kHz asi 400  $k\Omega$ . Čím vyšší je kmitočet, tím je vstupní odpor menší.

Pro odposlech měřeného nf signálu slouží zdířky nf na výstupu přístroje.

Všechny tranzistory v přístroji lze nahradit našimi typy KC508 bez změny v zapojení. Detekční diody jsou germaniové univerzální diody (např. řady GA).

Funkschau č. 16/1974

### Zesilovač pro univerzální měřicí přístroje

Chcete měřit napětí vložky do přenosky, rozšířit rozsahy vašeho univerzálního měřicího přístroje a měřit malá stejnosměrná a střídavá napětí, čist na univerzálním měřicím přístroji přímo zisk jednotlivých stupňů zesilovačů v dB atd.? – tak zní úvodní část článku, který popisuje stavbu zesilovače k univerzálnímu měřicímu přístroji se vstupním odporem 20 000  $\Omega/V$  pro stejnosměrná napětí a 5 000  $\Omega/V$  pro střídavá napětí. Protože jde o jednoduché a vtipné zapojení s moderními součástkami, popíšeme si stručně jeho zapojení a činnost.

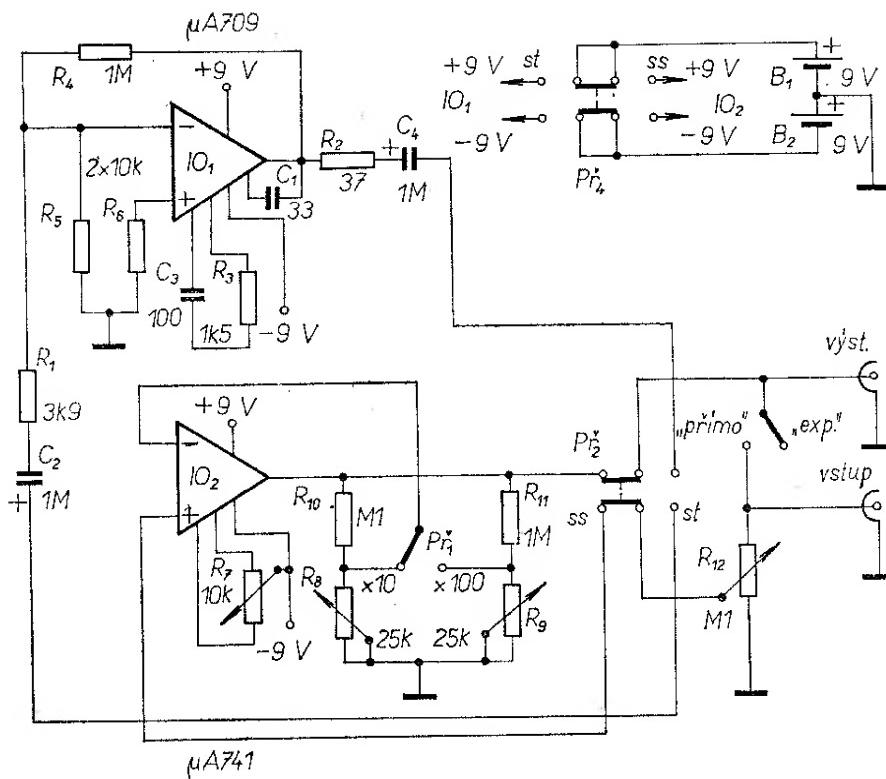
Zesilovač je na obr. 26. Používají se v něm dva integrované operační zesilovače,  $\mu$ A709 a  $\mu$ A741, z nichž první je kompenzován tak, aby měl co nejménší zisk na kmitočtech, při nichž by se mohl obvod rozkmitat. Druhý operační zesilovač má vnitřní kompenzaci – u nás sice zatím na trhu není (má přijít na trh v nejbližší době), lze ho však nahradit (jako první operační zesilovač) tuzemským typem MAA501 až 504, navíc však bude třeba přidat vnější kompenzační prvky  $RC$  (jako u  $\mu$ A709, tj. MAA502).

Operační zesilovač typu  $\mu$ A741 pracuje v zapojení jako stejnosměrný zesilovač s vnějším nulováním offsetu a se zápornou zpětnou vazbou, která minimalizuje drift. Operační zesilovač typu  $\mu$ A709 je výhodný i tím, že má vnitřní ochranu proti přebuzení a ochranu proti zkratu na výstupu. Tytéž ochrany jsou realizovány u obvodu typu  $\mu$ A709 odpory  $R_1$  a  $R_2$ .

Operační zesilovač typu  $\mu$ A709 pracuje jako zesilovač střídavého signálu, kompenzovaný pro zisk 40 dB až do kmitočtu asi 200 kHz (prvky  $C_1$ ,  $C_3$ ,  $R_3$ ). Zpětná vazba, určující zesílení, je za-

Obr. 26. Doplnek k univerzálnímu měřicímu přístroji (pro měření velmi malých stejnosměrných a střídavých napětí)

(neoznačený přepínač je  $Př_3$ )



vedena odpory  $R_4$  a  $R_5$ . Oba integrované obvody lze jemně „doladovat“ potenciometrem  $R_{12}$ , nepožaduje-li se přesný zisk jednoho či druhého obvodu.

Vstupní signál (nebo stejnosměrné napětí) se přivádí na zdírku „vstup“, přepínačem  $Př_2$  se volí druh měření (ss – st). Přepínač  $Př_1$  umožňuje volit citlivost zesílení při stejnosměrném měření,  $Př_4$  slouží k volbě napájení integrovaných obvodů při tom či onom druhu měření (vždy jeden integrovaný obvod není napájen). Přepínačem  $Př_3$  se při měření volí cesta měřeného signálu – buď přímo na univerzální měřicí přístroj, nebo přes popsaný zesilovač na měřicí přístroj.

Nastavování je jednoduché: jsou-li přepínače  $Př_2$  a  $Př_4$  přepnuty na měření stejnosměrného napětí, nastaví se  $R_{12}$  na maximální „citlivost“ (běžec u horního konce potenciometru). Zdírky „výstup“ se připojí k univerzálnímu měřicímu přístroji. Odpor  $R_7$  se nastaví tak, aby ručka měřidla (přepnutého na měření malého stejnosměrného napětí) byla přesně na nule. Postup při cejchování je pak zcela běžný – používá se proměnný zdroj malého stejnosměrného napětí a proměnným odporem  $R_8$  při

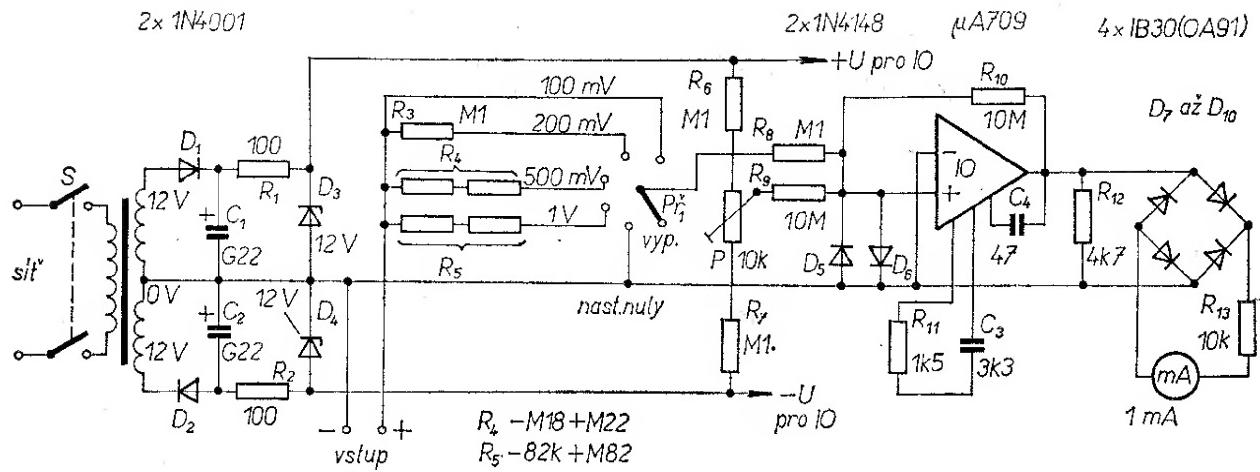
rozsahu  $\times 10$ , popř. proměnným odporem  $R_9$  se při rozsahu  $\times 100$  nastaví výchylka ručky univerzálního měřicího přístroje tak, aby měřené napětí odpovídalo údaji ručky na některém z nejnižších měřicích rozsahů (po vynásobení 10, popř. 100).

Protože odběr přístroje je velmi malý, lze k napájení použít i tzv. destičkové baterie.

*Popular Electronics č. 5, (listopad) 1974*

### Stejnosměrný a střídavý milivoltmetr

V praxi se často vyskytuje potřeba měřit malá stejnosměrná a střídavá napětí, např. na přechodech polovodičových prvků atd. Pro tato měření je vhodný měřicí přístroj s ochranou proti přetížení, neboť se může stát, že při měření např. na přechodu polovodičového prvku (nebo na jeho pracovním odporu) se měření napětí skokem zvětší (při přechodu polovodičového prvku z vodičového do nevodivého stavu) až o několik rádů. Pro takové případy lze využít výhodných zapojení např. operačních zesilovačů s ochranou vstupů proti přetížení (obr. 27). Operační zesilovače mají obecně velmi velké zesílení, toto



Obr. 27. Stejnosměrný a střídavý milivoltmetr s integrovaným operačním zesilovačem  
(u IO jsou prohozeny znaménka + a -)

zesílení lze však jednoduše zmenšit na požadovanou mezí vnějším odporem.

Cesta měřených střídavých i stejnosměrných napětí je zcela shodná, střídavá napětí se však na vstupu operačního zesilovače můstkově usměrní a indikuje se měřidlem s citlivostí 1 mA.

Ideální operační zesilovač má nekonečný napěťový zisk, nekonečně velkou vstupní impedanci, nulovou výstupní impedanci, nekonečnou šířku pásma a nulový offset. Diferenciální zesilovač zesiluje rozdíl mezi napětími na vstupech zesilovače – je-li na jeho invertujícím vstupu kladné napětí, bude mít napětí na výstupu opačnou polaritu, je-li kladné napětí na neinvertujícím vstupu, bude mít napětí na výstupu stejnou polaritu.

Vzhledem k nekonečně velkému vstupnímu odporu operačního zesilovače (v ideálním případě) nepoteče do vstupu zesilovače žádný proud; stejně vzhledem k nekonečnému zisku bude diferenciální vstupní napětí nulové, bude-li zavedena z výstupu na vstup zpětná vazba.

Nejjednodušejí lze základní vztahy pro výpočet zesílení operačního zesilovače a pro odvození závislosti mezi jeho nejdůležitějšími obvodovými prvky ukázat na příkladu zapojení invertujícího zesilovače. Invertující zesilovač má v sérii s invertujícím vstupem odpor  $R_1$ , vstupní signál  $U_{\text{vst}}$  se přivádí jednak na tento odpor a jednak na neinvertující vstup (tato druhá větev signálu je spo-

lečná i pro výstupní napětí „zem“). Zesilovač má dále mezi invertujícím vstupem a výstupem zpětnovazební odporník  $R_2$ . (Pro úplnost – invertující vstup se označuje znaménkem minus, neinvertující znaménkem plus).

Vyjdeme-li z toho, co jsme si řekli o ideálním operačním zesilovači, lze pro proud odporem  $R_1$  a pro proud odporem  $R_2$  napsat tyto vztahy

$$I_{R1} = \frac{U_{\text{vst}}}{R_1}, \quad I_{R2} = \frac{U_{\text{výst}}}{R_2}.$$

Neteče-li do zesilovače proud (odvodili jsme výše), budou oba proudy shodné a

$$\frac{U_{\text{výst}}}{U_{\text{vst}}} = \frac{R_2}{R_1}.$$

Z uvedeného vztahu vyplývá, že napěťové zesílení operačního zesilovače závisí pouze na vnějších obvodových prvcích; jimi se také v praxi zesílení zesilovače nastavuje.

V přístroji na obr. 27 jsou témoto vnějšími obvodovými prvky odpory  $R_8$  a  $R_{10}$ . Pro zvolený zisk popisovaného přístroje je třeba, aby jejich tolerance byla maximálně 2 %.

Je-li přepínač  $P_1$  v poloze „100 mV“, je zisk přístroje určen poměrem  $R_{10}/R_8 = 10\ 000\ 000/100\ 000 = 100$ . Proto je zřejmé, že vstupnímu signálu 100 mV (na zdírkách „vstup“) bude odpovídat výstupní napětí 10 V. Předřadné odpory pro ostatní rozsahy jsou zvoleny

vždy tak, aby při jmenovitém vstupním napětí toho či onoho rozsahu bylo na sběrači  $P_{r1}$  vždy stejné napětí, a to 100 mV, které odpovídá maximální výchylce ručky měřidla.

Prvky  $R_{11}$ ,  $C_3$  a  $C_4$  jsou tak zvané kompenzační prvky, zabraňující rozkmitání operačního zesilovače – jimi se vlastně omezuje šířka přenášeného pásma přístroje; v daném zapojení jsou zvoleny tak, že přístrojem lze indikovat signály až asi do 1 MHz.

Offset operačního zesilovače se kompenzuje potenciometrem  $P$  (tj. nastavuje se jím při nulovém vstupním napětí nulové výstupní napětí).

Diody  $D_5$  a  $D_6$  chrání vstup operačního zesilovače před přepětím. Zbytek zapojení přístroje je zcela běžný, snad by bylo ještě vhodné připomenout, že odporem  $R_{13}$  lze nastavit ručku měřidla na maximální výchylku při cejchování (zvolíme proměnný odpor asi 18 k $\Omega$ ).

Operační zesilovač lze nahradit naším typem MAA501 (nebo MAA502, 503, 504), jako diody v můstku lze použít, např. diody z řady GA, popř. diody se zlatým hrotom (GAZ51), jako ochranné diody poslouží např. typ KA501 nebo KA206.

Měřicí přístroj se napájí napětím  $\pm 12$  V, k napájení lze kromě uvedeného

síťového zdroje použít i baterie ( $2 \times$  tři ploché baterie s vyvedeným středem).

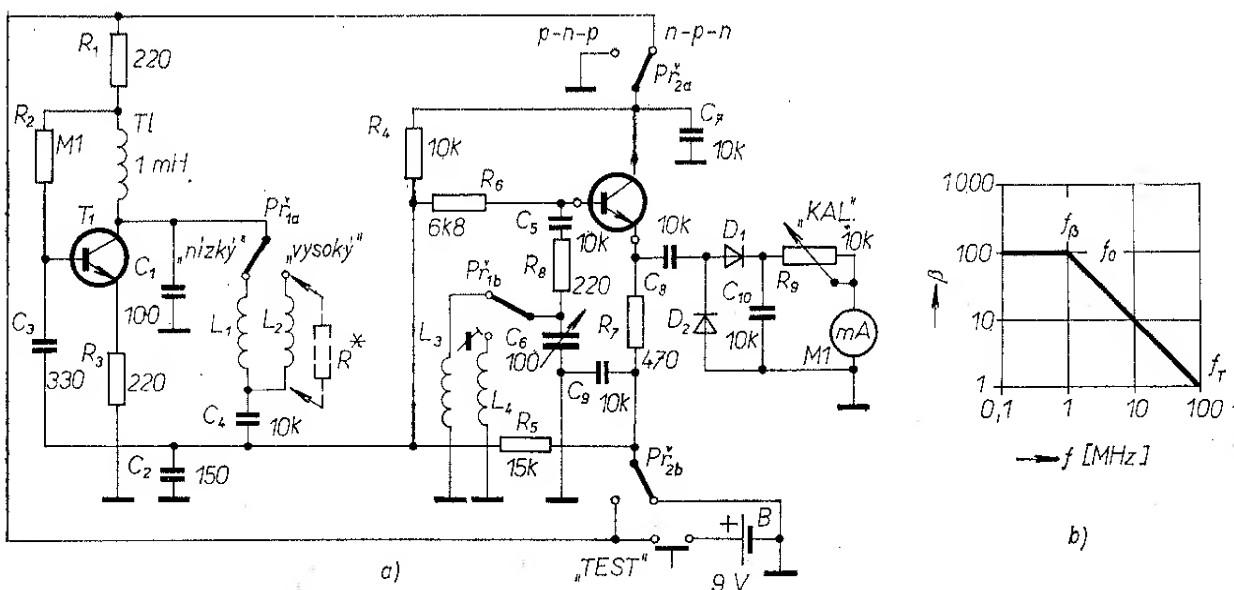
*Practical Electronics č. 2, (únor) 1975*

### Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů

Jedním z nejpodstatnějších parametrů tranzistorů je mezní kmitočet a to proto, že schopnost tranzistoru zesilovat signál velmi prudce klesá od určitého kmitočtu, daného typem tranzistoru a jeho vlastnostmi.

Zkoušeč mezního kmitočtu  $f_T$  tranzistoru je na obr. 28a, význam symbolu  $f_T$  je zřejmý z obr. 28b.

Podívejme se nejprve na obr. 28b. Z obrázku vyplývá, že kmitočet  $f_T$  je takový kmitočet, při němž se proudové zesílení tranzistoru ( $h_{21E}$ ,  $\beta$ ) zmenší na jednotku. Pro kmitočty nižší než  $f_T$  se proudové zesílení zvětšuje lineárně se směrnicí 6 dB/okt (proudové zesílení je dvojnásobné, je-li kmitočet poloviční). Proudové zesílení se zvětšuje, až se dosáhne proudového zesílení pro nf (pro  $\beta_0$  je to mezní kmitočet  $f_\beta$ ). Z obrázku je zřejmé, že pro každý kmitočet vyšší než  $f_\beta$  je součin proudového zesílení a kmitočtu konstantní a stejný až do kmitočtu  $f_T$ . Chceme-li tedy např. odhad-



nout, jaké proudové zesílení bude mít tranzistor na určitém kmitočtu, známe-li jeho mezní kmitočet  $f_T$ , využijeme uvedených vztahů. Příklad: máme-li tranzistor s  $f_T = 200 \text{ MHz}$ , a chceme-li ho použít v zesilovači pro 27 MHz ( $f_{\text{prac}}$ ), je jeho efektivní proudové zesílení pro signál tohoto kmitočtu

$$\frac{f_T}{f_{\text{prac}}} = 200/27 = 7,4.$$

Uvedeného vztahu lze využít i opačně. Příklad: má-li stejný tranzistor jako nahoře nf proudové zesílení 150, lze očekávat, že toto zesílení se začne zmenšovat na kmitočtu

$$\frac{f_T}{h_{21E}} = 200/150 = 1,33 \text{ MHz}.$$

Vraťme se ke zkoušeči mezního kmitočtu. Základním obvodem zkoušeče je emitorový sledovač s tranzistorem, jehož vstupní impedance se mění se změnou  $f_T$  zkoušeného tranzistoru. Tato vstupní impedance tvoří jednu větev děliče napětí. Výstupní napětí, indikované měřidlem, je tedy funkcí mezního kmitočtu  $f_T$ .

Obvod s tranzistorem  $T_1$  je Colpittsový oscilátor, pracující na kmitočtu 1 MHz (Příslušný v poloze „nízký“), popř. na kmitočtu 10 MHz (přepínač v poloze „vyšší“). Výstupní signál oscilátoru o mezivrcholové hodnotě asi 6 V se vede na levý konec odporu  $R_6$ . Pracovní bod zkoušeného tranzistoru je nastaven odporu  $R_4$  a  $R_5$ . Cívky  $L_3$  nebo  $L_4$  tvoří spolu s  $C_6$  laděný obvod (spolu se vstupní kapacitou zkoušeného tranzistoru). Laděním  $C_6$  do rezonance se vyvažuje tato vstupní kapacita (její reaktance), která v praktickém obvodu zatěžuje zdroj signálu.

Vstupní odpor báze zkoušeného tranzistoru je vlastně  $\beta$ krát větší než emitorový odpor. Emitorovým odporem zkoušeného tranzistoru je  $R_7$  paralelně s efektivním odporem obvodu měřidla. Emitorový odpor se tedy mění s nastavením proměnného odporu „KAL“ (kalibrace), je však vždy kolem  $400 \Omega$ . Má-li zkoušený tranzistor  $f_T = 17 \text{ MHz}$  při Příslušném v poloze „nízký“ (1 MHz),

Kalibrační tabulka

$f_T$ [MHz]	$\beta$	Odpor báze [kΩ]	Emito- rové na- pěti $U_E$ (mezi- vrchol.) [V]	$U_{C_{10}}$ [V]	$I_m$ [mA]
4,2	4,2	1,67	1,2	0	0
7	7	2,8	1,7	0,5	0,15
10	10	4	2,2	1	0,3
17	17	6,8	3	1,8	0,55
30	30	12	3,8	2,6	0,79
50	50	20	4,5	3,3	1
> 250	200	80	5,5	4,3	1,3

bude mít proudové zesílení  $\beta$

$$\frac{f_T}{f} = 17/1 = 17.$$

Vstupní odpor báze tranzistoru bude tedy  $\beta R_E = 17 \cdot 400 = 6,8 \text{ k}\Omega$ .

Signál 6 V z oscilátoru se potom rozdělí na děliče  $R_6$ ,  $\beta R_E$  tak, že bude mít na bázi (a na emitoru) zkoušeného tranzistoru mezivrcholovou hodnotu 3 V. Diody obvodu měřidla tento signál usměrňují a na kondenzátoru  $C_{10}$  bude napětí asi 1,8 V (úbytek napětí asi 0,6 V na každé z diod!).

Při kalibrování přístroje je třeba použít tranzistor s  $f_T$  alespoň 200 MHz (přepínač v poloze „nízký“). Autor použil tranzistor s nf proudovým zesílením 200 (na kmitočtu 1 MHz), proud měřidlem byl 1,3 mA (viz tabulka, poslední řádek). Odpor  $R_9$  byl nastaven tak, aby konečná výchylka měřidla odpovídala tomuto proudu. Tím je ocejchován jeden rozsah Příslušný. Druhý rozsah se nastavuje podobně, „cejchovací“ tranzistor musí spolehlivě kmitat na kmitočtu desetkrát vyšším, než je  $f_\beta$  (zkouška grid-dip-metrem, čítačem apod.).

Před ocejchováním je však třeba zjistit, popř. nastavit mezivrcholovou velikost signálu oscilátoru na 6 V, jak bylo uvedeno. Signál musí být v obou polohách přepínače Příslušný stejný.

Popular Electronics č. 2, (srpen) 1974

## Zkoušeč tyristorů a triaků

Přístroj na obr. 29 měří charakteristiku řídící elektrody tyristorů a triaků a Zenerovo napětí stabilizačních diod pro malá napětí.

Přístroj se skládá ze zdroje napájecích napětí, z indikačního obvodu s diodami LED a z obvodu, kterým se měří údaje spínacího proudu a napětí tyristorů a triaků.

Zdroj napájecích napětí poskytuje napětí  $\pm 12$  V pro obvod řídící elektrody zkoušených tranzistorů a triaků a pro napájení dvou integrovaných operačních zesilovačů měřicího obvodu. Ze zdroje se dále odebírá pulsující napětí 12 V (kladné i záporné) pro anody zkoušených tyristorů a triaků.

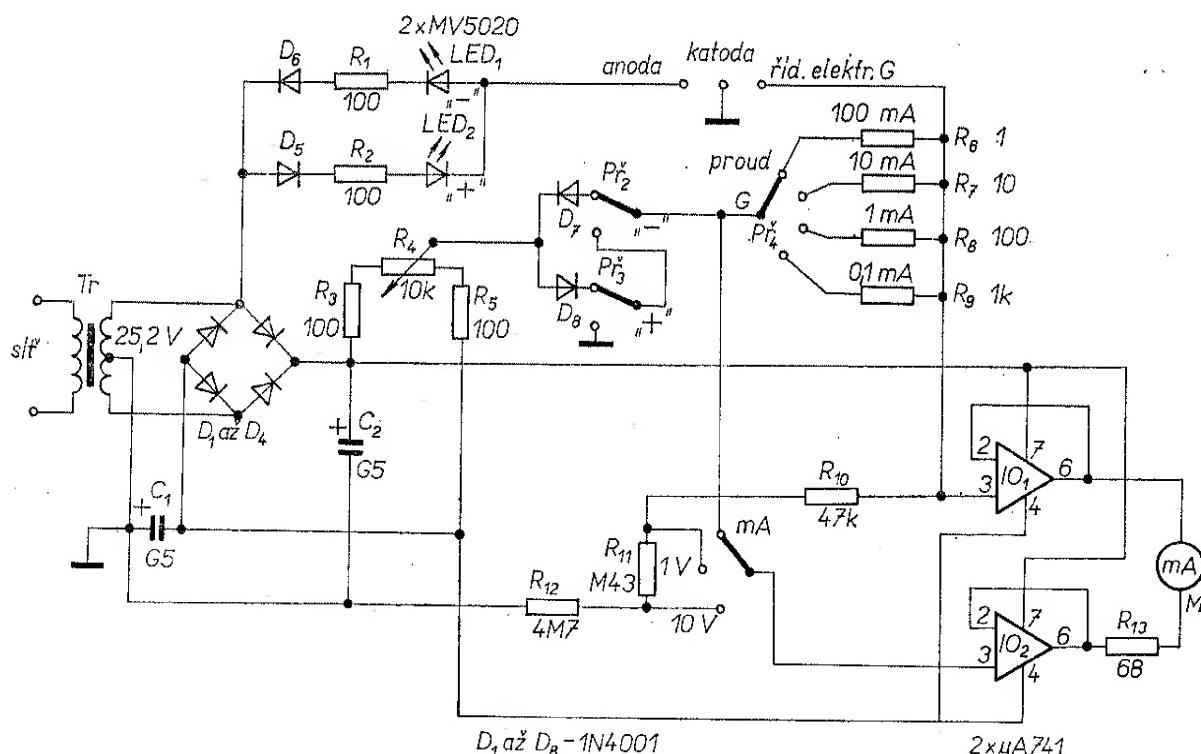
Indikační obvody LED indikují proud v závěrném i propustném směru zkoušených prvků. Dobrý tyristor nebo triak vede pouze v propustném směru, proto se musí rozsvítit LED<sub>2</sub>, přivede-li se kladné napětí na řídící elektrodu tyristoru nebo triaku. Má-li zkoušený prvek zkrat, budou svítit obě diody LED, i když nebude na jeho řídící elektrodě kladné napětí.

Napětí i proud řídící elektrody zkoušeného prvku se nastavují potenciometrem  $R_4$ .

V měřicím obvodu se používá diferenciální zesilovač s jednotkovým ziskem. Umožňuje měřit proud 100  $\mu$ A měřidlem o citlivosti 1 mA, při měření napětí je vstupní odpor měřicího obvodu 5 M $\Omega$ . Proud se měří jako úbytek napětí na bočních  $R_6$  až  $R_9$ . Maximální úbytek napětí na odporu je v každém rozsahu 0,1 V.

## Zkoušení tyristorů

Přepínač  $Př_1$  se přepne do polohy „mA“. Přepínač  $Př_4$  se přepne do polohy 100 mA. Připojí se zkoušený tyristor. Svítí-li obě diody LED, je tyristor vadný. Nesvítí-li, sepne se přepínač  $Př_3$  a pomalu se otáčí potenciometrem  $R_4$ . V určité poloze běžce potenciometru se rozsvítí LED<sub>2</sub>. Ručka měřidla (s nulou uprostřed stupnice) se vychylí vlevo od nuly. Je-li výchylka ručky příliš malá, takže ji nelze přečíst, přepne se  $Př_4$  na nižší rozsah. Měřidlo ukazuje proud řídící elektrody, při němž tyristor spíná.



Obr. 29. Zkoušeč tyristorů, triaků a Zenerova napětí stabilizačních diod  
(neoznačený přepínač je  $Př_1$ )

Dále se přepne přepínač  $P_1$  do polohy „10 V“. Ručka měřidla se vychýlí vpravo od nuly a ukazuje kladné napětí řídící elektrody. Je-li výchylka ručky příliš malá, přepne se  $P_1$  na rozsah „1 V“. Typické údaje pro malé tyristory jsou: proud řídící elektrody od 10  $\mu A$ , napětí od 0,6 V. Velké průmyslové tyristory mají tytéž parametry asi od 30 mA a 2 V.

### Zkoušení triaků

Triak může mít čtyři druhy vodivosti:

druh	polarita řídící elektr.	polarita druhé anody
1+	kladná	kladná
1-	záporná	kladná
3+	kladná	záporná
3-	záporná	záporná

(polarita je uvažována vzhledem k první anodě).

Každý z druhů vodivosti lze zkoušet sepnutím přepínačů  $P_2$  nebo  $P_3$  a pozorováním diod LED. Budou-li při zkoušení svítit obě diody LED současně, je triak vadný.

Triaky lze zkoušet jako tyristory s přihlédnutím k tabulce polarit jednotlivých elektrod. (Druhu vodivosti 1+ odpovídá zkouška tyristoru).

### Zkoušení Zenerových napětí stabilizačních diod

Zenerovo napětí stabilizačních diod lze zkoušet do 10 V. Anoda zkoušené diody se připojí ke zdířce, označené „katoda“. Katoda zkoušené diody se připojí ke zdířce pro řídící elektrodu. Přepínač  $P_1$  se přepne do polohy „10 V“ a přepínač  $P_4$  do polohy 1 mA. Sepne se přepínač  $P_3$  a otáčí se potenciometrem  $R_4$ . Zenerovo napětí se čte na stupniči měřidla, ručka se vychýlí vlevo od středové (nulové) polohy.

*Popular Electronics č. 1, (červenec) 1973*

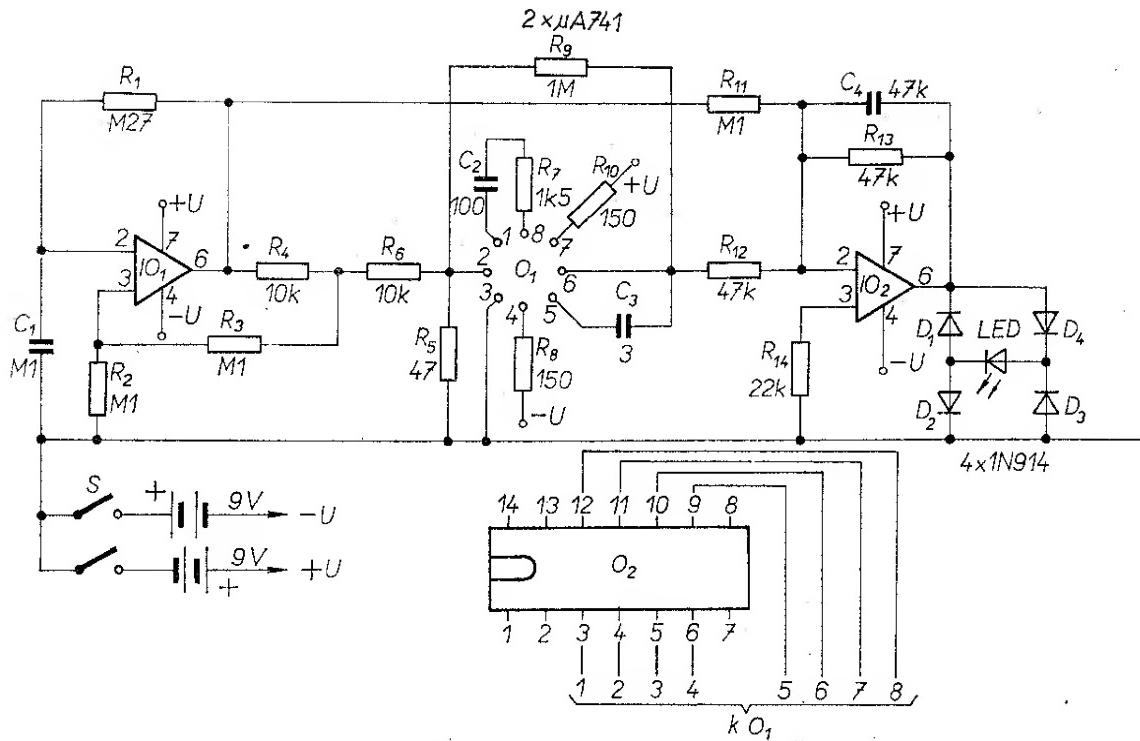
### Jednoduchý zkoušeč operačních zesilovačů

Zisk, stabilitu, vstupní offset a proud vstupu běžných operačních zesilovačů lze měřit jednoduchým zkoušečem na obr. 30. Zkoušečem lze měřit integrované operační zesilovače typu 101, 301, 740, 741, 748, a 709, popř. i dvojité operační zesilovače (např.  $2 \times 741$  v jednom pouzdru, tj. 747), a to jak v pouzdrách TO-5 s osmi vývody, tak i v pouzdrách DIP se čtrnácti vývody; je pouze třeba opatřit zkoušeč příslušnými objímkami k připojení zkoušených operačních zesilovačů a správně zapojit jednotlivé objímkы.

Integrovaný operační zesilovač na obr. 30 je zapojen jako generátor signálu pravoúhlého průběhu a zkoušený operační zesilovač jako invertující zesilovač se zesílením 100. Výstupní signál operačního zesilovače  $IO_1$  je přiveden jak na zkoušený operační zesilovač, tak na  $IO_2$  (přes dělič napětí s odpory  $R_4$  a  $R_5$ ). Výstupní signál zkoušeného operačního zesilovače je použit jako druhý vstupní signál pro  $IO_2$ , který je zapojen jako součtový zesilovač.

Je-li zkoušený operační zesilovač v pořádku, jeho výstupní napětí bude přesně odpovídat vstupnímu napětí  $IO_2$  (pravoúhlého tvaru), přiváděnému přes odpor  $R_{11}$ . Budou-li obě napětí skutečně shodná, výstupní napětí  $IO_2$  bude nulové a indikační dioda LED nebude svítit.

Je-li zkoušený operační zesilovač vadný, nebudou obě vstupní napětí pro  $IO_2$  shodná, indikační dioda se rozsvítí. Dioda se rozsvítí vždy, bude-li signál na výstupu  $IO_2$  mít takovou úroveň, která bude větší, než úbytek napětí na dvou diodách můstku a na diodě LED. Tato úroveň byla zvolena tak, že odpovídá těmto typickým údajům zkoušeného operačního zesilovače: bud je zesílení zkoušeného  $IO$  menší než 60, nebo je jeho vstupní offset větší než 30 mV, nebo je jeho vstupní proud větší než 3  $\mu A$ . Kterýkoli z uvedených operačních zesilovačů, které lze přístrojem zkoušet, musí mít tyto parametry lepší, než je uvedeno, jinak je vadný. Stejně se ovšem rozsvítí indikační dioda LED tehdy, je-li



Obr. 30. Přístroj ke zkoušení operačních zesilovačů (zkouší se stav „dobrý“ – indikační dioda LED nesvítí, „vadný“ – indikační dioda LED bliká nebo svítí)

zkoušený operační zesilovač nestabilní, má-li vnitřní zkraty, nebo je-li přerušen.

Postup při zkoušení je jednoduchý. Před umístěním zkoušeného operačního zesilovače do příslušné objímky na zkoušecí je třeba přepnout spínač  $S$  do polohy „sepnutou“. Indikační dioda se musí rozsvítit a zhasinat. Pak se spínač opět rozpojí, zkoušený operační zesilovač se umístí do objímky a opět se sepne spínač  $S$ . Nesvítí-li indikační dioda LED, je zkoušený operační zesilovač dobrý. Bliká-li, nebo svítí-li LED, je zkoušený operační zesilovač vadný.

Oba operační zesilovače by bylo možno nahradit naším operačním zesilovačem MAA502 nebo jiným typem této řady (musely by se ovšem použít vnější kompenzační prvky). Místo diody LED by bylo možno použít libovolnou křemíkovou diodu a měřit na ní úbytek napětí citlivým měřidlem nebo vhodným měřicím přístrojem.

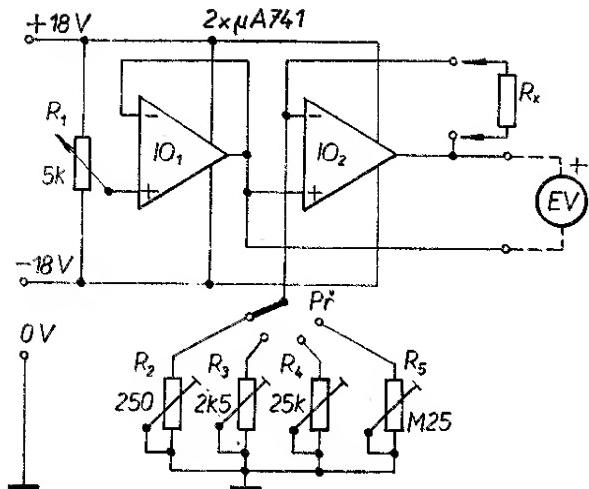
Na obr. 30 je naznačeno i propojení dvou objímek ke zkoušení operačních zesilovačů v různých pouzdrech.

*Popular Electronics č. 6, (prosinec) 1973*

### Ohmmetr s lineární stupnicí

Největším nedostatkem běžných ohmmetrů je nelinearity jejich stupnice. Jak píše autor originálního článku „tak dlouho se chodí se džbánem pro vodu, až se ucho utrhne“ – až místo ohmmetru s nepřehlednou stupnicí si postavil ohmmetr s lineární stupnicí, s minimem součástek a s jedním jediným přepínačem pro měření odporů od nuly do  $100\text{ k}\Omega$  ve čtyřech rozsazích.

Zapojení ohmmetru je na obr. 31. V zapojení se používají dva operační zesilovače a zdroj referenčního napětí; měřený odpor je označen  $R_x$ . Referenční napětí, odebírané z běžce potenciometru  $R_1$ , stabilizované napěťovým sledovačem s  $IO_1$ , se vede na neinvertující vstup  $IO_2$ . Výstupní napětí operačního zesilovače  $IO_2$  se vede zpět na invertující vstup  $IO_2$ , a to přes dělič napětí, který se skládá z neznámého měřeného odporu a odporu, zvoleného přepínačem  $P$ . Při tomto zapojení je výstupní napětí  $IO_2$  shodné se součtem referenčního napětí a referenčního napětí, násobeného poměrem měřeného odporu a odporu,



Obr. 31. Ohmmetr s lineární stupnicí se dvěma operačními zesilovači a s minimálním počtem součástek

zařazeného do obvodu přepínačem  $Př$ . Kdyby se měřilo napětí mezi invertujícím vstupem a výstupem  $IO_2$ , zjistilo by se, že toto napětí je vždy přímo úměrné měřenému odporu, což je základní podmínkou pro lineárnost stupnice indikačního měřidla.

K součástkám: jako aktivní prvky jsou použity dva operační zesilovače typu 741, lze použít i jedno pouzdro s dvojicí operačních zesilovačů typu 741 (tentotyprvek má označení 747). Z tuzemské součástkové základny by bylo možno použít operační zesilovače typu MAA501, 502 atd., obvod je pak třeba doplnit kompenzačními prvky. Potenciometr  $R_1$  je běžný lineární potenciometr, odpory  $R_2$  až  $R_5$  lze buď vybrat při cejchování z běžných řad odporů, nebo lze použít natrvalo odporové trimry, nastavené na potřebný odpor. Jako  $EV$  je třeba připojit elektronkový, tranzistorový nebo jiný voltmetr s velkým vstupním odporem.

Přístroj se nejlépe cejchuje tak, že se jako  $R_x$  použijí přesné odopy, odpovídající výchylce ručky měřidla uprostřed stupnice. Pak se pouze nastaví trimry příslušných odporů tak, aby ručka byla skutečně ve středu stupnice. Např.: použijí-li se jako  $R_x$  přesné odopy 50, 500, 5 000 a 50 000  $\Omega$ , lze s uvedenými

trimry nastavit rozsahy měření 0 až 100, 0 až 1 000, 0 až 10 000 a 0 až 100 000  $\Omega$ .

*Popular Electronics č. 1, (leden) 1975*

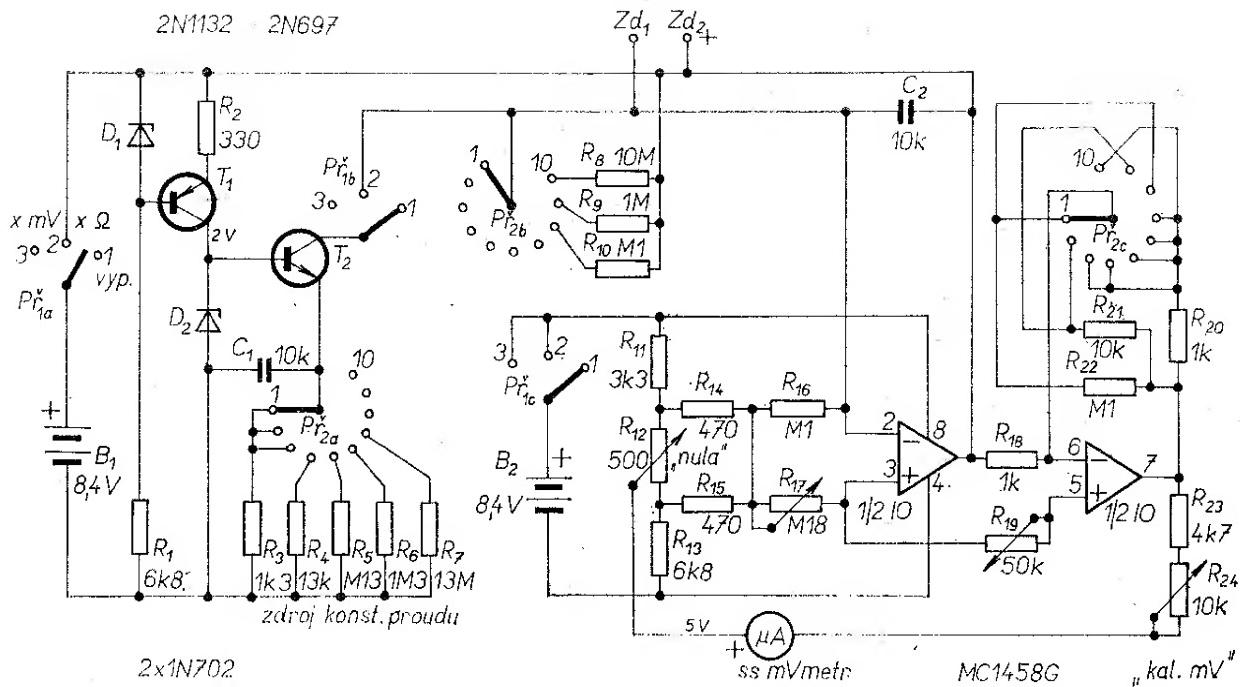
### Ohmmetr s lineární stupnicí pro přesné měření odporů a stejnosměrný milivoltmetr

Měřicím přístrojem na obr. 32 lze měřit odopy 0 až 10  $M\Omega$  v sedmi rozsazích a malá stejnosměrná napětí 0 až 1 V. Při měření odporů je maximální proud měřenou součástkou 1 mA a maximální měřicí napětí 1 V; při měření stejnosměrných napětí je vstupní odpor 10  $M\Omega/1V$ . Nula měřidla při obou měřeních je tak stabilní, že není třeba používat vnější ovládací prvky k jejímu nastavení. Přístroj může pracovat ve velmi širokém rozmezí teplot bez nutnosti pracného nastavování.

Přístroj je napájen dvěma rtuťovými bateriemi 8,4 V o kapacitě 500 mAh. Protože je odběr přístroje relativně velmi malý (viz dále), lze vzhledem k vlastnostem rtuťových baterií počítat s dobou provozu s jednou náplní baterií asi 100 hodin. V přístroji lze samozřejmě použít i běžné baterie 9 V, popř. články NiCd.

Ohmmetr se skládá ze dvou částí, ze zdroje konstantního proudu s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  a měřicího zesilovače s integrovaným operačním zesilovačem (autor používá dvojitý operační zesilovač v jednom pouzdru). Měřený odpor se připojuje na výstup zdroje konstantního proudu a úbytek napětí, který na něm vznikne, zpracovává měřicí zesilovač (stejnosměrný milivoltmetr) s operačními zesilovači. Oba obvody jsou zcela nezávislé, nemají ani společnou zem. Přepínačem  $Př_1$  se volí druh provozu – vypnuto, ohmmetr, milivoltmetr.

Zdroj konstantního proudu se skládá z regulátoru napětí a generátoru konstantního proudu. Regulátor napětí má vlastní generátor konstantního proudu – regulátor se skládá z tranzistoru  $T_1$ , z odporů  $R_1$  a  $R_2$  a ze stabilizačních diod  $D_1$  a  $D_2$ . Aby se šetřil proud baterií, nemají stabilizační diody jmenovitý proud,



Obr. 32. Přesný ohmmetr 0 až  $10 M\Omega$  s lineární stupnicí a stejnosměrný milivoltmetr 0 až 1 V se vstupním odporem  $10 M\Omega/1 V$

takže jejich Zenerovo napětí je menší než jmenovité (2,6 V), přičemž dioda  $D_1$  „vyrábí“ referenční napětí 1,5 V pro generátor konstantního proudu s  $T_1$ . Konstantní proud asi 2,5 mA se přes  $R_2$  a tranzistor  $T_1$  vede na diodu  $D_2$ . Tato dioda má Zenerovo napětí asi 2 V. Toto napětí ovládá zdroj konstantního proudu s  $T_2$  – výstupní proud  $T_2$  se používá jako měřicí proud při měření odporů. Kondenzátor v emitoru druhého tranzistoru omezuje možnost rozkmitání tohoto tranzistoru.

Odpory  $R_3$  až  $R_7$  jsou vybrány tak, aby se získalo pět různých měřicích proudů pro měření odporů, proudy jsou nastaveny od 0,1  $\mu A$  do 1 mA po dekádách. Aby se šetřily baterie, je v prvních třech měřicích rozsazích stejný měřicí proud (1 mA), citlivost milivoltmetru (měřicího obvodu) se však zvětšuje desetkrát ( $R_{21}$ ) nebo stokrát ( $R_{22}$ ).

Ještě k diodám a tranzistorům zdroje konstantního proudu – při zvětšení vnější teploty jsou vlastnosti stabilizačních diod takové, že obvod by dodával menší konstantní proud, u tranzistorů je tomu však naopak, výsledkem je velmi

dobrá stabilita měřicího proudu i při značných změnách vnější teploty.

Celkový proud z baterie  $B_1$  je 3,5 až 4,5 mA a závisí na odporu, který se měří.

Měřicí obvod využívá vlastnosti dvojitého operačního zesilovače v jednom pouzdru, typu MC1458C fy Motorola. Jde v podstatě o dva operační zesilovače, velmi podobné známému typu 741 (bez samočinného nastavení offsetu). Jeden z dvojice operačních zesilovačů se používá jako napěťový sledovač s velmi velkým vstupním odporem, druhý je zapojen jako invertující stejnosměrný zesilovač. Aby se obešla nutnost používat souměrný napájecí zdroj, je vytvořena pro  $I_{O1}$  umělá zem z odporů  $R_{11}$  až  $R_{15}$ . Potenciometrem  $R_{12}$  se vyvažuje offset operačních zesilovačů. Potenciometr je zapojen jako část můstku s odporu  $R_{14}$  a  $R_{15}$  tak, aby bylo možno na měřidle nastavit nulovou výchylku ručky.

Kondenzátor  $C_2$  filtruje brum (a šum), který by se mohl objevit na vstupu přístroje.

Rozsahy milivoltmetru se volí odporu  $R_8$  až  $R_{10}$ . Odpory byly zvoleny

Poloha		Test $R$ (plná vých.) [ $\Omega$ ]	Test $I$ (plná vých.) [ $\mu A$ ]	Test $U$ (plná vých.) [mV]	Vstup $IO_1$ (levá pol.) [ $\Omega$ ]	Zesílení $IO_1$ (pravá pol.)
$P_{ř_1}$	$P_{ř_2}$					
2	1	10	1 000	10	—	100
	2	100	1 000	100	—	10
	3	1 000	1 000	1 000	—	1
	4	10 000	100	1 000	—	1
	5	100 000	10	1 000	—	1
	6	1 M $\Omega$	1	1 000	—	1
	7	10 M $\Omega$	0,1	1 000	—	1
3	8	—	—	10	100 000	100
	9	—	—	100	1 M $\Omega$	10
	10	—	—	1 000	10 M $\Omega$	1

tak, aby vstupní odpor milivoltmetru byl  $10 \text{ M}\Omega/1 \text{ V}$ . Lze je však zvětšit, požaduje-li se větší vstupní odpor (ovšem pouze za cenu menší stability přístroje). Potenciometrem  $R_{17}$  se upravuje (vyrovnaná) klidová stejnosměrná úroveň vstupu  $IO_1$  (levé poloviny). Pravá polovina  $IO_1$  je zapojena jako běžný invertující stejnosměrný zesilovač. Jeho zesílení je upraveno poměrem odporů  $R_{20}$  až  $R_{22}$  a odporu  $R_{18}$ . Odopy byly vybrány tak, aby zesílení bylo 1, 10 a 100. Odopy  $R_{24}$  a  $R_{23}$  jsou nastaveny tak aby bylo dosaženo plné výchylky ručky měřidla při napětí 1 V.

Celkový odběr proudu z baterie  $B_2$  je v mezech 1,7 až 2,7 mA.

O celkové činnosti přístroje podává přehled tabulka, v níž jsou základní údaje přístroje.

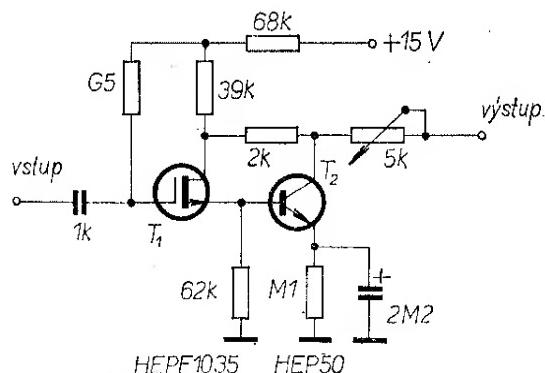
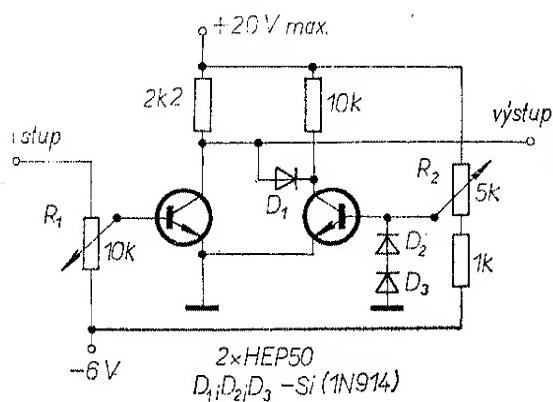
Popular Electronics č. 3, (září) 1973

### Dva užitečné přípravky

Na obr. 33 jsou dva užitečné přípravky, které umožňují zlepšit vlastnosti stávajících starších měřicích přístrojů. Je to jednak obvod na obr. 33 nahoře, který dovoluje zlepšit tvar výstupního signálu pravoúhlého průběhu u nf generátorů, a obvod na obr. 33 dole, který zvětšuje vstupní impedanci vertikálního zesilovače pro osciloskop.

U starších nf generátorů, které mají výstup signálu pravoúhlého průběhu,

bývá obvykle tvar signálu uspokojivý až do určitého, relativně nízkého kmitočtu. Na vyšších kmitočtech nebývá již tvar signálu přesný, pravoúhlý průběh bývá



Obr. 33. Dva užitečné přípravky: obvod zlepšující tvar signálu pravoúhlého průběhu (nahoře) a obvod ke zvětšení vstupní impedance osciloskopu

zkreslený. Tvar signálu lze zlepšit např. logickými integrovanými obvody TTL (např. klopnými obvody). To však vyžaduje zdroj napájecího napětí 5 V, navíc kmitočet výstupního signálu bude poloviční vzhledem ke vstupnímu signálu. Lze použít i Schmittův klopný obvod, ten je však relativně složitý. Popisovaný obvod upravuje výstupní napětí generátoru na přesné pravoúhlý tvar, obdélníky mají strmé náběžné i sestupné hrany i při vysokých kmitočtech. Také amplituda výstupních impulsů je v širokém rozmezí kmitočtů velmi stálá. Přípravek lze vestavět přímo do starého, např. elektronkového generátoru a napájet ho z napájecího zdroje generátoru. V přípravku lze použít jakékoli spínací křemíkové tranzistory a diody.

Vstupní potenciometr se nastavuje na nejlepší tvar výstupního signálu jednou provždy. Potenciometrem  $R_2$  se nastavuje amplituda výstupního signálu.

Jako vstupní signál se používá maximální výstupní napětí starého generátoru.

Obvod na druhém obrázku zvětšuje vstupní impedanci běžného vstupu osciloskopu (obvykle  $1 \text{ M}\Omega$ ) na impedanci  $1\,000 \text{ M}\Omega$ . Obvod má jednotkové zesílení, proměnným odporem  $5\,000 \Omega$  se vyvažují ztráty na horním konci přenášeného kmitočtového pásma.

*Popular Electronics č. 1, (leden) 1975*

### Přímoukazující měřič kapacit

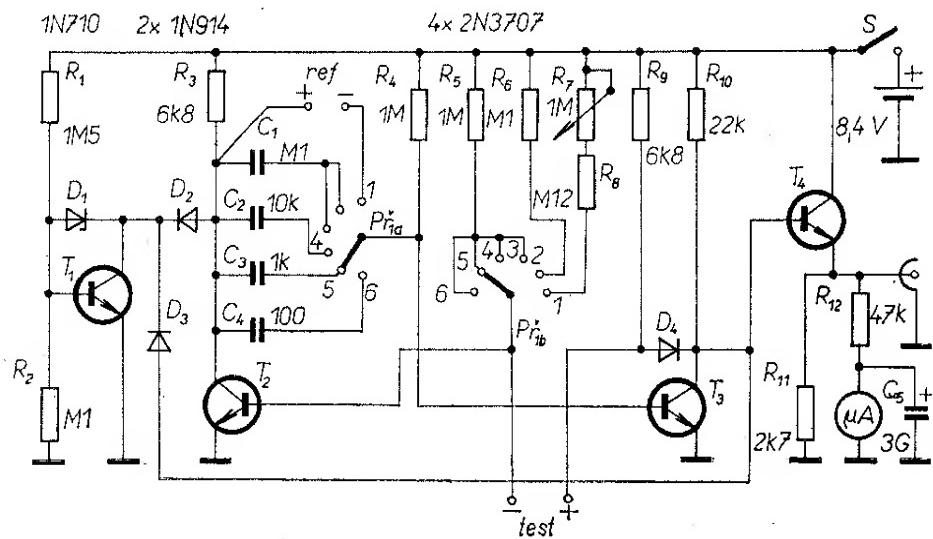
Přístroj na obr. 34 měří kapacity od  $15 \text{ pF}$  do  $10 \mu\text{F}$  v pěti rozsazích. Přístroj lze používat i jako zdroj impulsů s řiditelnou střídou a s řiditelnou šírkou. Kapacity větší než  $10 \mu\text{F}$  (do  $100 \mu\text{F}$ ) lze měřit přístrojem nepřímo.

Měřič je napájen rtuťovou baterií o napětí  $8,4 \text{ V}$ . Odběr proudu je asi  $2$  až  $3 \text{ mA}$ .

Jak je zřejmé ze schématu zapojení, skládá se měřič kapacit z multivibrátoru s tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  a z měřicího obvodu s tranzistorem  $T_4$  a měřidlem. Tranzistor  $T_1$  je použit jako stabilizátor, který zabezpečuje správnou činnost přístroje při stárnutí baterie.

Měřený kondenzátor se zapojuje ke zdírkám „test“, srovnávací kondenzátory  $C_1$  až  $C_4$  musí být co nejpřesnější. Kmitočet multivibrátoru je totiž určen jejich kapacitou a kapacitou měřeného kondenzátoru.

Výstupní signál z kolektoru  $T_3$  se přivádí přes emitorový sledovač s  $T_4$  na integrační člen  $R_{12}$ ,  $C_5$ , který tvoří současně dolní propust. Výchylka ručky měřidla je proto úměrná hustotě impulsů za jednotku času (šířka impulsu/vzdálenost mezi impulsy). Je-li proto kapacita měřeného kondenzátoru stejná jako kapacita jednoho z kondenzátorů  $C_1$  až  $C_4$ , „pracovní cyklus“ je  $0,5$  a ručka měřidla bude v polovině stupnice měřidla. Čitelnou výchylku ručky lze obdržet



Obr. 34. Přímoukazující měřič kapacit  $15 \text{ pF}$  až  $10 \mu\text{F}$  v pěti rozsazích. V jednotlivých položkách  $P_{T_1}$  lze měřit:  
1 - měření s vnější kapacitou, 2 - až  $1 \mu\text{F}$ , 3 - až  $0,1 \mu\text{F}$ ,  
4 - až  $10 \text{ nF}$ , 5 - až  $1 \text{ nF}$ , 6 - až  $100 \text{ pF}$  (nejmenší měřitelná kapacita je  $15 \text{ pF}$ )

ještě při poměru známé kapacity ( $C_1$  až  $C_4$ ) kondenzátoru k neznámé kapacitě kondenzátoru  $C_x$  0,1 až 10, přičemž při poměru 10 je výchylka ručky nejmenší (levý krajní bod nelineární stupnice měřidla) a při poměru 0,1 je výchylka ručky měřidla největší (pravý krajní bod stupnice měřidla). Přitom po ocejchování jednoho rozsahu měření kapacit souhlasí údaje na stupnici na všech rozsazích (je-li kapacita kondenzátorů  $C_1$  až  $C_4$  vždy přesně násobkem deseti).

Na nejnižším měřicím rozsahu ( $C_4$ ) je šířka výstupního impulsu asi 60  $\mu$ s. V každém dalším rozsahu je pak šířka impulsu desetkrát větší (kromě rozsahu 1  $\mu$ F; na tomto rozsahu by byla šířka impulsu příliš velká, 0,6 s, nevhodná pro integrátor). Na rozsahu 1  $\mu$ F je proto šířka impulsu 60 ms a nabíjecí čas je zmenšen desetkrát (odpor  $R_6$ ).

Je-li  $Př_1$  v poloze 1, může být ke zdírkám připojen vnější referenční kondenzátor. Druhá část tohoto přepínače připojuje do obvodu proměnný odpor, takže lze nastavit opakovací kmitočet impulsů tak, aby ručka měřidla byla v nejlineárnější části stupnice. Připojením neznámého kondenzátoru ke zdírkám „test“ se pak zjistí jeho kapacita. Odpor  $R_8$  omezuje horní hranici kapacit, které je možno tímto způsobem měřit. Neměl by být menší než 27 k $\Omega$ .

Stabilizační obvod s tranzistorem  $T_1$  pracuje tak, že udržuje na kolektorech tranzistorů multivibrátoru konstantní napětí 5,7 V. Stabilizační dioda  $D_1$  má Zenerovo napětí 6,8 V (náš typ 1NZ70 nebo 2NZ70).

Jako tranzistory by bylo nejlepší použít spínací křemíkové tranzistory nebo vf křemíkové tranzistory, jako diody lze použít běžné křemíkové diody, např. ze řady KA500, popř. KA200. Při konstrukci je třeba dodržet co nejkratší spoje, především ty, které vedou signál.

Výstupní impulsy multivibrátoru lze též odebírat pro jiná použití ze zdírky, připojené k emitoru tranzistoru  $T_4$ . V takovém případě lze měnit mezeru mezi impulsy kondenzátorem, připojeným ke zdírkám „test“, šířka impulsů bude záviset na nastavení  $Př_1$ . Autor do-

poručuje, aby se impulsy z přístroje odebíraly při přepínači  $Př_1$  v poloze 1, pak je šířka impulsů určena kondenzátorem, připojeným ke zdírkám „ref“ a vzdálenost mezi impulsy lze nastavit proměnným odporem  $R_7$ .

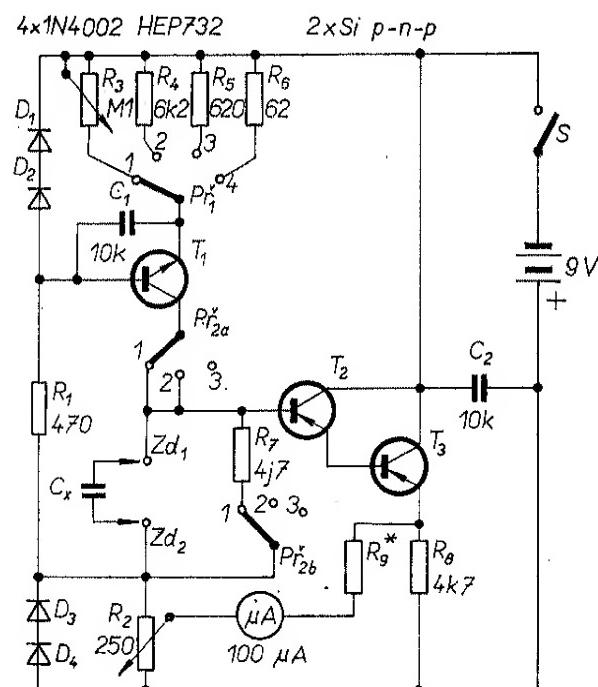
*Popular Electronics č. 2, (únor) 1973*

### Zkoušeč elektrolytických kondenzátorů

Zkoušeč na obr. 35 měří kapacitu elektrolytických kondenzátorů v rozmezí od 10 do 100 000  $\mu$ F a indikuje jejich svodový proud. Kapacity v uvedeném rozmezí se měří ve čtyřech rozsazích s přesností 10 %.

Zkoušeč se skládá ze dvou hlavních částí: ze zdroje konstantního proudu s tranzistorem  $T_1$  a z měřicího obvodu s velkým vstupním odporem (tranzistory  $T_2$ ,  $T_3$  a měřidlo 100  $\mu$ A).

Je-li ke zdírkám  $Zd_1$  a  $Zd_2$  připojen zkoušený kondenzátor (kladnou elektro-



Obr. 35. Měřič elektrolytických kondenzátorů.  
Polohy přepínače  $Př_1$ : 1 — 10 až 100  $\mu$ F, 2 — 100 až 1 000  $\mu$ F, 3 — 1 000 až 10 000  $\mu$ F, 4 — 10 000  $\mu$ F až 100 000  $\mu$ F;  
polohy přepínače  $Př_2$ : 1 — připojí se měřený kondenzátor, 2 — měřený kondenzátor se nabíjí (5 s), 3 — čte se výchylka ručky měřidla

dou ke zdířce  $Zd_2$ ), přepne se nejprve přepínač  $P_2$  do polohy 1. V této poloze se vybije případný náboj kondenzátoru přes odpor  $R_7$ . Pak lze přepojit přepínač do polohy 2, v této poloze přepínače se zkoušený kondenzátor nabíjí ze zdroje konstantního proudu. Napětí na kondenzátoru se zvětšuje lineárně s časem (tj. s dobou nabíjení) a měří se měřidlem. Napětí se zvětšuje (ve voltech za vteřinu) úměrně nabíjecímu proudu (v ampérech) dělenému kapacitou měřeného kondenzátoru (ve faradech). Kdyby byl nabíjecí proud 1 A a kapacita kondenzátoru 1 F, nabil by se kondenzátor na napětí 1 V za 1 s. Obvod je zvolen tak, aby se na 1 V/1 s nabil kondenzátor proudem 1  $\mu$ A (10  $\mu$ A, 100  $\mu$ A), má-li kapacitu 1  $\mu$ F (10  $\mu$ F, 100  $\mu$ F).

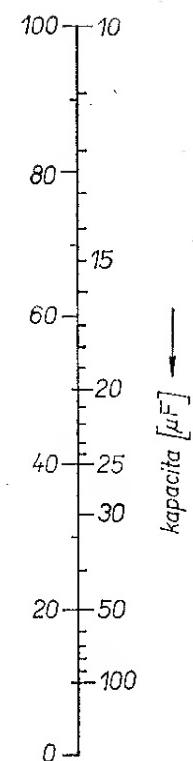
V navrženém přístroji se měřený kondenzátor nabíjí vždy 5 s a pak se jeho napětí čte na měřidle. Proto je-li nabíjecí proud 100  $\mu$ A a ukazuje-li měřidlo plnou výchylku po 5 s, je kapacita měřeného kondenzátoru 100  $\mu$ F.

Nabíjecí proud se volí přepínačem  $P_1$ . V poloze 4 je nabíjecí proud 10 mA, v poloze 3 1 mA, v poloze 2 100  $\mu$ A a v poloze 1 10  $\mu$ A. Nabíjecí proud v poloze přepínače 1 se nastavuje jednou provždy proměnným odporem  $R_3$ , na ostatních rozsazích jsou proudy dány přesností použitých odporů.

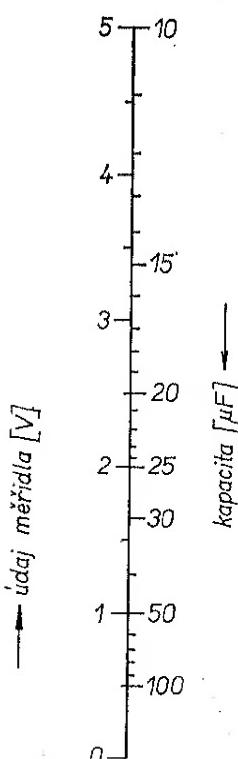
Tranzistory  $T_2$  a  $T_3$  tvoří Darlingtonovu dvojici, aby bylo dosaženo co největšího vstupního odporu měřicího obvodu. Na odporu  $R_8$  je úbytek napětí 5 V při emitorovém proudu asi 1 mA. Předřadný odpor měřidla je zvolen tak, aby ručka měla maximální výchylku právě při úbytku napětí 5 V na emitorovém odporu  $R_8$ . Jako předřadný odpor vyhoví odpor 50 k $\Omega$  méně vnitřní odpor měřidla.

Kondenzátory  $C_1$  a  $C_2$  zabraňují rozkmitání obvodu zdroje konstantního proudu i měřicího obvodu (k němuž by mohlo dojít, je-li přepínač  $P_1$  v poloze 4 a jsou-li dlouhé přívody od měřeného kondenzátoru ke vstupním zdírkám).

Měřidlo 100  $\mu$ A a odpor  $R_9$  lze ze zapojení vypustit a nahradit je stejnosměrným voltmetrem se stupnicí 0 až 5 a se vstupním odporem nejméně 10 000  $\Omega$ /



Obr. 36. Údaje ke zhotovení stupnice pro měřidlo 0 až 100  $\mu$ A



Obr. 37. Údaj napětí voltmetri 0 až 5 V a odpovídající kapacita měřeného kondenzátoru

/1 V. Kladný pól měřicího přístroje se pak připojuje na běžec potenciometru  $R_2$ , který slouží k nastavení nuly měřidla (voltmetru).

Na obr. 36 a 37 jsou konstrukční údaje ke zhodovení stupnic s údaji kapacity, a to na obr. 36 ke zhodovení stupnice na měřidle 0 až 100  $\mu\text{A}$  a na obr. 37 ke zhodovení stupnice u voltmetru s rozsahem 0 až 5 V.

Přístrojem lze také, jak bylo řečeno, zkoušet izolační stav kondenzátoru. Má-li totiž měřený kondenzátor malý izolační odpor (velký svodový proud), ručka měřidla se bude velmi rychle vracet z maximální výchylky k nule – porovnáním se zaručeně jakostním kondenzátorem lze v praxi dobře odhadnout vlastnosti kondenzátoru po této stránce.

Tranzistory lze nahradit takto: jako  $T_1$  je nevhodnější nf nebo spinaci křemíkový tranzistor n-p-n (např. KC508, KS500), jako druhý a třetí tranzistor lze použít libovolné tzv. univerzální křemíkové tranzistory p-n-p (např. KF517). Diody jsou běžné křemíkové diody.

*Popular Electronics č. 6, (červen) 1974*

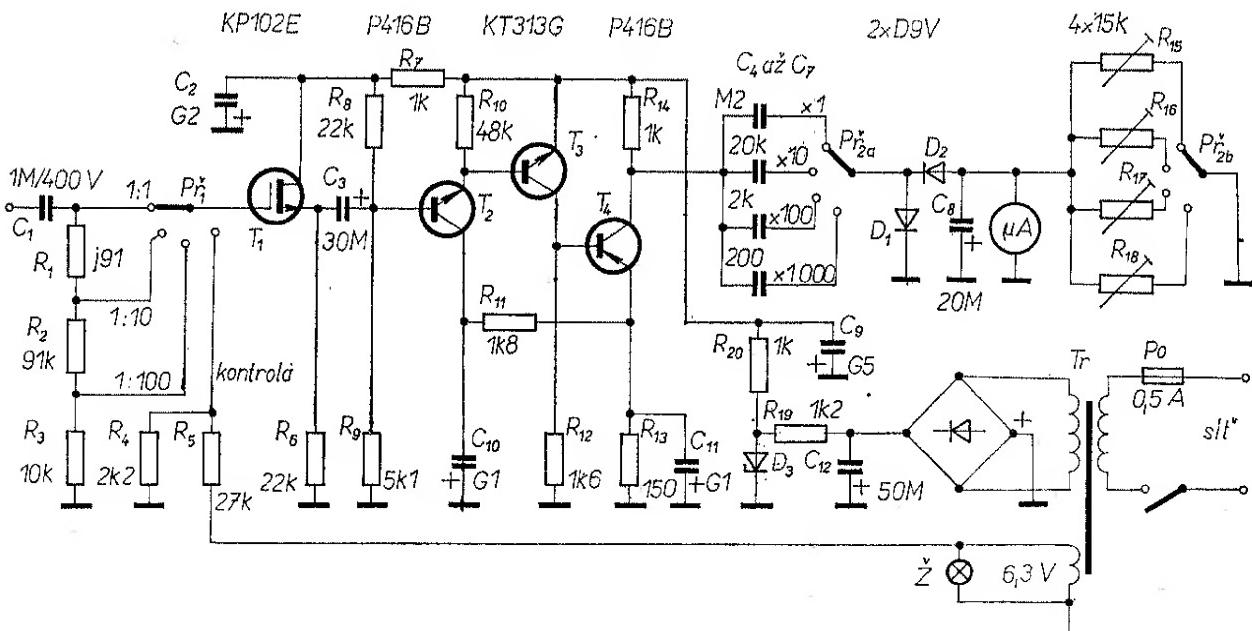
### Měřič kmitočtu s lineární stupnicí

Na obr. 38 je zapojení měřiče kmitočtu 10 Hz až 100 kHz; měřicem lze měřit signály o napětí od 0,1 do 100 V, a to v obvodech, jejichž stejnosměrné napětí není větší než 400 V.

Vstupní odpor přístroje je 1 M $\Omega$ . Horní hranice jednotlivých měřicích rozsahů jsou 0,1; 1; 10 a 100 kHz.

Vstupní obvod přístroje je osazen tranzistorem řízeným polem, který je zapojen jako „emitorový“ sledovač. Z něho se vede signál na zesilovač-omezovač s bipolárními tranzistory  $T_2$  až  $T_4$ . Signál na výstupu zesilovače-omezovače je přeměněn na impulsy, které nabíjejí jeden z kondenzátorů  $C_4$  až  $C_7$ . Část nabíjecího proudu protéká měřidlem, velikost tohoto proudu závisí na kmitočtu měřeného signálu a na kapacitě kondenzátoru, připojeného ke kolektoru  $T_4$ .

K součástkám: odpory na vstupu přístroje, tvořící dělič vstupního napětí (jmenovité vstupní napětí je 100 mV), by měly mít toleranci alespoň 5 %. Přesnost měření kmitočtu je závislá na přesnosti kapacit kondenzátorů, přepínaných přepínačem  $P_{2b}$ . V první polo-



Obr. 38. Měřič kmitočtu s lineární stupnicí. Měřicí rozsah je 10 Hz až 100 kHz, signál může mít napětí od 0,1 do 100 V

ze přepínače „kontrola“ se přivádí na vstup napětí o kmitočtu 50 Hz, jímž se kontroluje stálost nastavení přístroje. Bipolární tranzistory by měly mít zesílení asi 80 až 150. Přímá nahraďka vstupního tranzistoru FET na trhu není, bylo by však možno použít i MOSFET KF521. Transformátor  $T_r$  je na jádru EI  $20 \times 25$ , primární vinutí má 1 760 závitů drátu o  $\varnothing 0,23$  mm CuL, sekundární vinutí má 288 závitů drátu o  $\varnothing 0,16$  mm CuL a vinutí pro žárovku, jehož napětí se též používá jako zkušební napětí pro měřicí přístroj, má 50 závitů drátu o  $\varnothing 0,6$  mm CuL. Při uvádění do chodu je třeba, aby napětí na emitorech druhého a čtvrtého tranzistoru bylo asi o 0,15 až 0,5 V větší, než je napětí na jejich bázi. U třetího tranzistoru musí být tento rozdíl asi 0,5 až 0,7 V.

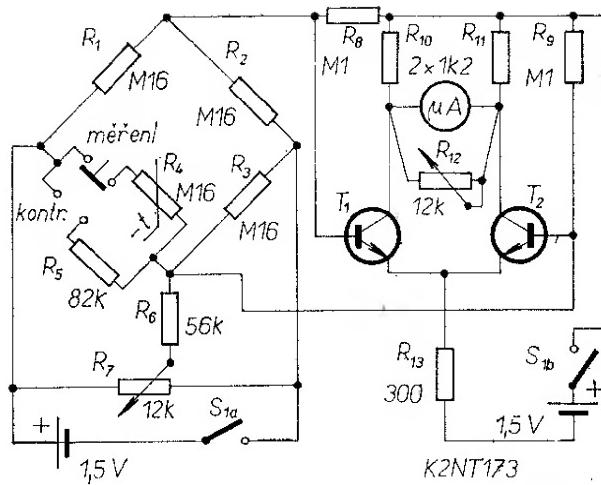
Přístroj se cejchuje tak, že se na vstup přivede signál 100 Hz (přepínač  $P_{\gamma_2}$  v poloze x1) a proměnným odporem  $R_{15}$  se nastaví ručka měřidla na maximální výchylku. Totéž je třeba udělat při kmitočtu 1 kHz (proměnný odpor  $R_{16}$ ) atd.

*Radio (SSSR), č. 9/1974*

### **Elektronický teploměr**

Přístrojem na obr. 39 lze měřit teplotu v mezích  $+34$  až  $+42$  °C s rozlišovací schopností  $\pm 0,1$  °C.

Přístroj se skládá z měřicího můstku s odporu  $R_1$  až  $R_4$  ( $R_5$ ) a z diferenciálního zesilovače stejnosměrného proudu s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$ . Snímačem teploty měřeného objektu je termistor, tvořící jednu z větví měřicího můstku. Můstek je vyvážen při teplotě, odpovídající dolní měřicí hranici. Při zvyšování teploty se odpor termistoru zmenšuje, rovnováha můstku se poruší a chybové napětí se vede na vstup diferenciálního zesilovače. Měřidlem pak protéká proud, úměrný měřené teplotě. Nulová výchylka měřidla se nastavuje potenciometrem  $R_7$ . Aby se zmenšil drift nuly, jsou oba tranzistory diferenciálního zesilovače založeny do jednoho bloku (tzv. mikroschéma), takže se ohřívají a ochlazují souhlasně.



Obr. 39. Elektronický teploměr s měřicím rozsahem 34 až 42 °C

Proměnný odpor  $R_{12}$  slouží k nastavení maximální výchylky ručky měřidla na horní mezi měřeného rozsahu teplot.

Mikroampérmetr má citlivost 50  $\mu$ A.

Termistor je připojen k můstku (tj. k přístroji) šňůrou délky asi 150 cm.

Při nastavování přístroje se odopy  $R_8$  a  $R_9$  vybírají tak, aby kolektorové proudy tranzistorů diferenciálního zesilovače byly 0,5 mA (měřicí můstek odpojen). Odpor  $R_5$  se vybírá tak, aby při stisknutém tlačítku (tj. tlačítko v poloze „kontrola“) ukazovala ručka měřidla nějakou teplotu uvnitř měřeného rozsahu (celé číslo). Tak je zaručeno, že lze kdykoli zkонтrolovat přesnost nastavení tohoto teploměru. Termistor má při 25 °C odpor 160 kΩ.

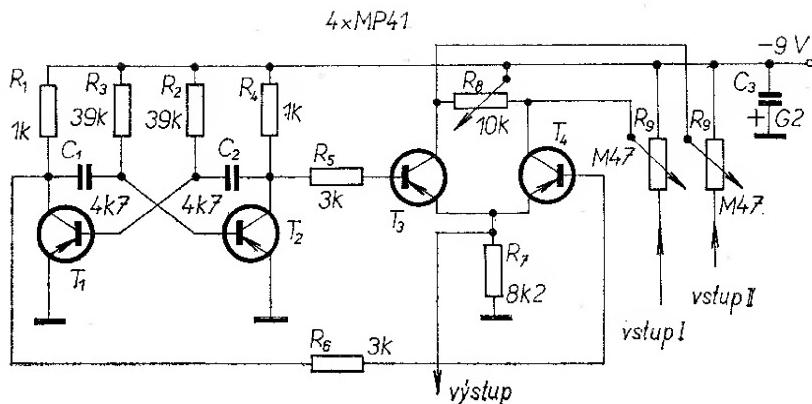
V teploměru lze nahradit sovětské součástky našimi takto: jako tranzistory lze použít tuzemskou dvojici křemíkových tranzistorů řady KC500 v jednom pouzdře (označení KC510). Ostatní součástky jsou běžné.

*Radio (SSSR), č. 6/1974*

### **Elektronický přepínač k osciloskopu**

Aby bylo možno sledovat na osciloskopu současně obrazy dvou různých průběhů, lze použít jednoduchý přípravek podle obr. 40. Přípravek umožňuje posouvat druhý sledovaný obraz libovolně od středu obrazovky potenciometrem  $R_8$ .

Obr. 40. Elektronický přepínač k osciloskopu



Přepínač se skládá ze souměrného multivibrátoru s tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  a ze součtového obvodu s tranzistory  $T_3$  a  $T_4$ . V závislosti na tom, který z tranzistorů  $T_3$  nebo  $T_4$  je právě otevřen, postupuje na výstup přepínače vždy jeden ze signálů na vstupech přístroje. Protože se tranzistory zavírají a otvírají velmi rychle, setrvačností stopy na obrazovce a setrvačností lidského oka vidíme na obrazovce dva obrazy, jejichž vzdálenost závisí na nastavení potenciometru  $R_8$ .

Při průchodu signálů elektronickým přepínačem je činitel přenosu (při běžcích regulátorů  $R_9$  a  $R_{10}$  na horním kraji odporové dráhy) asi  $-5$  až  $-10$  dB v závislosti na poloze běžce regulátoru  $R_8$ .

Tranzistory multivibrátoru jsou germaniové, vodivosti p-n-p. Lze je zaměnit nejlépe spínacími typy řady GS, v součtovém obvodu lze použít tytéž tranzistory, popř. i jiné vf nebo nf typy (z řady GF nebo GC).

Přepínač se napájí napětím 9 V, napájecí napětí by mělo být dobře vyhlazené.

*Radio, (SSSR), č. 6/1974*

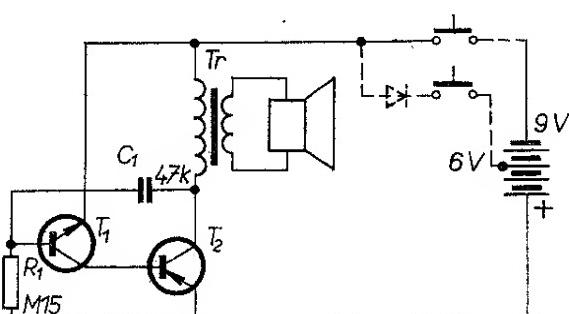
$C_1$  přes odpor  $R_1$  a primární vinutí transformátoru. Dosáhne-li náboj kondenzátoru určité velikosti, otevře se tranzistor  $T_1$ . Tento tranzistor je vlastně zapojen v obvodu kolektor-báze tranzistoru  $T_2$ , takže se otevře i tento tranzistor. Přes otevřený tranzistor  $T_2$  se začne vybíjet kondenzátor, zavře se  $T_1$  a celý pochod se opakuje.

Z popisu činnosti je zřejmé, že nezáleží na přesné velikosti součástek, obvod je tak jednoduchý, že může sloužit k různým experimentům i začínajících radioamatérů. Tranzistory mohou být libovolné polarity, p-n-p nebo n-p-n, stačí pouze zvolit polaritu napájecího napětí podle typu vodivosti tranzistorů. Jako  $T_1$  může být použit např. v zapojení podle obr. 41 typ KC508, KF506, popř. germaniový tranzistor 106NU70, 152NU70 apod. Jako  $T_2$  lze vyzkoušet tranzistory řady OC (OC72, OC76 apod.) nebo řady GC (GC500, GC508 atd.). Výstupní transformátor může být libovolný s převodem asi 4,5 : 1. Je-li k dispozici reproduktor s velkou impedancí (alespoň 25 Ω), je možné zapojit ho do obvodu kolek-

## Různě aplikovaná elektrotechnika

### Jednoduchý elektronický zvonek

Nejjednodušší formou elektronického zvonku je zapojení na obr. 41. Přiveďme-li se napětí baterie 6 nebo 9 V (podle toho, které z tlačítek bylo stlačeno) do obvodu, nabíjí se rychle kondenzátor



Obr. 41. Jednoduchý zvonek

toru  $T_2$  přímo (bez výstupního transformátoru). Pak je ovšem třeba zvětšit  $R_1$  asi na 470 až 560 k $\Omega$ .

K napájení lze použít baterie 6 nebo 9 V, popř. upravit zapojení podle obrázku s diodou a měnit postupným stisknutím obou tlačítek tón zvonku. Dioda slouží pouze k tomu, aby se při současném stisknutí obou tlačítek nezkratovala část baterie (při použití baterie 9 V s odbočkou).

*Radio Constructor, červen 1970*

### Regulátor napětí pro Trabant

Před časem bylo v AR popsáno zářivkové osvětlení pro auto Trabant. Ke komfortnímu vybavení a ke zvětšení spolehlivosti provozu slouží i zapojení na obr. 42, které nahrazuje regulátor napětí. Zařízení pracuje tak, že reguluje napětí budicího vinutí dynama podle rychlosti otáčení motoru a podle odebíraného proudu, čímž udržuje napětí v palubní síti a tím i proud pro nabíjení akumulátoru ve správných (nastavených) mezích.

Při malých rychlostech otáčení motoru, tj. i dynama, je tranzistor  $T_1$  uzavřen. Kolektorem tranzistoru teče jen velmi malý proud, úbytek napětí na odporu  $R_3$  je velmi malý. Při zvětšování rychlosti otáčení se zvětšuje i napětí na akumulátoru (svorky 51 a D). Zvětší-li se napětí nad velikost Zenerova napětí diody  $D_2$ , tranzistor  $T_1$  se otevře, na  $R_3$  bude větší úbytek napětí a ten přes diodu  $D_3$  privírá dosud

otevřený tranzistor  $T_3$ ; proud do budicího vinutí dynama se zmenší a zmenší se opět napětí na akumulátoru a celý pochod regulace se opakuje. Dioda  $D_1$  zabraňuje tomu, aby proud z akumulátoru tekl do dynama.

Dioda  $D_1$  musí být dimenzována tak, aby bez porušení „vydržela“ proud v propustném směru alespoň 10 A. Protože na ní dochází k úbytku napětí asi 0,7 až 0,8 V (je-li křemíková), je třeba nastavit regulátor potenciometrem  $R_1$  tak, aby napětí na anodě diody bylo za činnosti regulátoru 8 V.

Celý regulátor lze upravit změnou Zenerovy diody,  $R_2$  a  $R_1$  i pro palubní napětí 12 V. Princip činnosti regulátoru bude stejný.

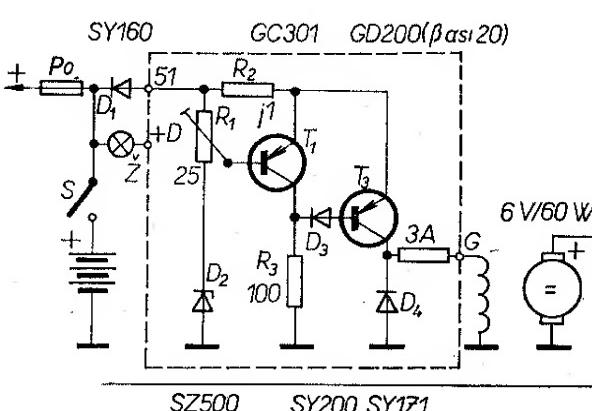
*Radio, televizija, elektronika č. 9/1971*

### Varovný obvod pro motorová vozidla

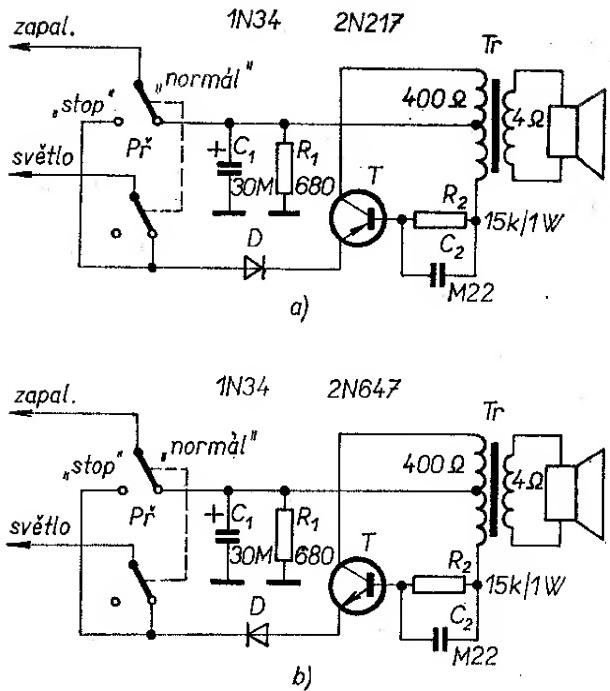
Často se stává (především motoristům většího tělesného vzrůstu u Š 100 a podobných typů), že při vystupování z auta (zapalování je vypnuto) pohnou páčkou směrovek – pak svítí žárovka v reflektoru a vybíjí se akumulátor. Často se také může stát, že z pouhé zapomětlivosti nevypneme při opuštění vozidla světla a opět se zcela zbytečně vybíjí akumulátor. Bylo by tedy výhodné, kdybychom byli před opuštěním auta upozorněni, že jsou světla zapnuta.

Obvod na obr. 43 indikuje akusticky popsáný stav. Zvuk z reproduktoru se ozve vždy, jsou-li zapnuta světla a je-li vypnuto zapalování. Signál lze přerušit vypnutím světel. Jsou-li světla zapnuta úmyslně, lze signál přerušit přepnutím přepínače do polohy „stop“. Signál se pak ozve při sepnutí spínače zapalování, což je připomínkou, že přepínač  $Př$  je v poloze „stop“. V tomto případě se signál přeruší přepnutím přepínače  $Př$  do polohy „normál“.

Obvod je v podstatě oscilátor, jehož napájecí napětí se získává ze dvou možných zdrojů – ze zapalovacího obvodu, nebo z obvodu světel. Je-li přepínač  $Př$  v poloze „normál“, napájí se ze zapalovacího obvodu kolektor tranzistoru, zatímco napětí z obvodu světel je při-



Obr. 42. Regulátor pro Trabant



Obr. 43. Varovný obvod pro motorová vozidla se záporným (a) a s kladným pólem akumulátoru na kostře

vedeno na emitor tranzistoru přes diodu 2N217. Sepne-li se spínač zapalování, je na kolektoru tranzistoru napětí palubní sítě. Je-li sepnut v témže okamžiku spínač světel, je napětí palubní sítě i na emitoru tranzistoru. Protože napětí na emitoru i kolektoru jsou téměř shodná, přístroj je v klidu. Vypneme-li spínač zapalování, kolektor tranzistoru je připojen přes  $R_1$  na šasi, na emitoru je napětí palubní sítě. Obvod se rozkmitá a z reproduktoru se ozve varovný signál.

Přerušením přívodu napájecího napětí se přeruší i činnost obvodu. Pro vozy se záporným pólem akumulátoru na kostře (na šasi) je obvod na obr. 43a, pro vozy s kladným pólem akumulátoru na kostře je obvod na obr. 43b.

Použité tranzistory jsou germaniové, s malým výkonem (0,2 W), a to v obr. 43a vodivosti p-n-p, v obr. 43b vodivosti n-p-n. Jako n-p-n tranzistor vyhoví některý z řady NU71, jako p-n-p z řady GC500. Transformátor je nf výstupní typ s primární impedancí 400 a sekundární 4 Ω.

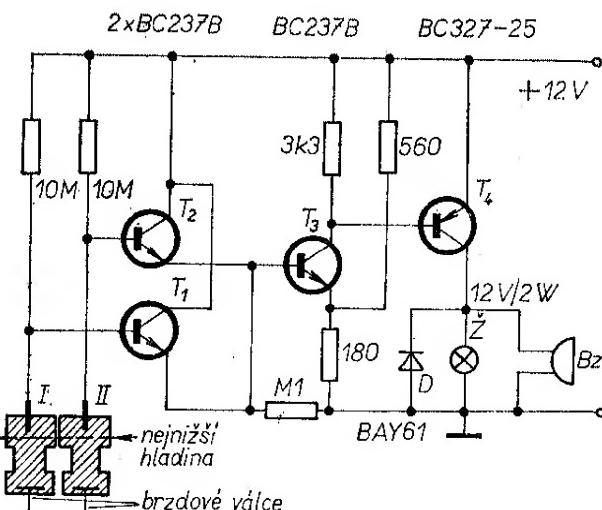
*RCA transistor, thyristor and diode manual*

### Hlídač hladiny brzdové kapaliny

Na obr. 44 je zařízení, které signalizuje nejnižší stav hladiny brzdové kapaliny, při němž ještě brzdy uspokojivě pracují. Signalizace stavu hladiny je zvuková a světelná. Bzučák se rozezní a žárovka se rozsvítí, budou-li jedna či druhá, popř. obě dvě snímací elektrody mimo brzdovou kapalinu. Zařízení je konstruováno tak, aby je bylo možno použít jak pro jednookruhové, tak pro dvouokruhové brzdové systémy.

V zásobníku (nádržce) s brzdovou kapalinou (nebo u některých vozů v obou zásobnících, v obou nádržkách) je umístěna kovová elektroda (doporučuje se mosaz), která dosahuje svou spodní hranou těsně nad nejnižší dovolenou hladinu brzdové kapaliny. Je-li elektroda ponořena do kapaliny, obvod je v klidovém stavu. Sníží-li se hladina brzdové kapaliny pod zvolenou mez, elektroda (elektrody) se vynoří a tento stav je indikován bzučákem a žárovkou.

Je-li elektroda ponořena do brzdové kapaliny, uzavírá se proudový okruh přes kapalinu na kostru vozidla. Přeruší-li se tento proudový okruh, tranzistor  $T_1$  (pro elektrodu I) nebo  $T_2$  (pro elektrodu II) se uvede do vodivého stavu, vzniká budicí signál pro tranzistor  $T_4$ . Aby byl tranzistor  $T_4$  dobře využit, budicí signál z  $T_1$  (nebo z  $T_2$ ) se zesiluje tranzistorem  $T_3$ . Koncový



Obr. 44. Hlídač hladiny brzdové kapaliny

tranzistor  $T_4$  se otevře a rozsvítí se žárovka a současně zazní bzučák.

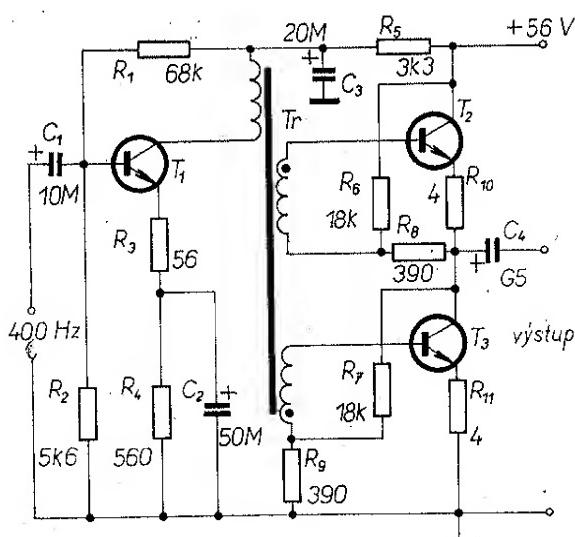
Klidový proud zařízení je nastaven na nejmenší možnou velikost (v našem případě na  $1,4 \mu\text{A}$ ; tento proud protéká brzdovou kapalinou, je-li v ní ponořena elektroda, ke kostře vozidla).

Napájecí napětí může být v rozmezí 8,5 až 16 V. Zařízení pracuje spolehlivě v rozmezí teplot  $-25$  až  $+100^\circ\text{C}$ . Proud bzučákem je asi 50 mA, proud žárovkou 170 mA – celkový proud koncovým tranzistorem je tedy při sepnutí větší než 220 mA, s tím je třeba počítat při nahradě původního tranzistoru tuzemským výrobkem. Použije-li se jiná žárovka a jiný bzučák, je třeba koncový tranzistor volit podle proudu, který jimi protéká. Diodu, použitou v zapojení, je možno nahradit libovolnou křemíkovou diodou, nejlépe diodou z řady KA500. Ostatní tranzistory ( $T_1$  až  $T_3$ ) mohou být libovolné nf nebo spínací typy křemíkových tranzistorů (např. KS500, KC508 apod.).

*Siemens Schaltbeispiele 1974/75*

### Servozařízení

Servozařízení na obr. 45 může poskytnout výkon až 6 W k řízení motoru servosystému. Zesilovač se budí střídavým signálem 400 Hz a je napájen stejnosměrným napětím 56 V. K získání



Obr. 45. Servozařízení s výkonem až 6 W

požadovaného výkonu jsou na výstupu servozařízení zapojeny dva tranzistory 2N3054 (méně výkonný „příbuzný“ známého tranzistoru 2N3055). Tranzistory pracují ve dvojčinném zapojení ve třídě AB. Jejich základní technické údaje jsou: maximální napětí kolektor-báze 90 V, maximální napětí kolektor-emitor při odporu báze-emitor 100  $\Omega$  je asi 60 V, maximální kolektorový proud je 4 A, maximální proud báze 2 A, kolektorová ztráta při  $25^\circ\text{C}$  je 25 W, stejnosměrný proudový zesilovací činitel při napětí kolektor-emitor 4 V a proudu kolektoru 0,5 A je v mezích 25 až 100.

Vstupní napětí o kmitočtu 400 Hz se zesiluje tranzistorem 2N1481 v zapojení se společným emitorem na úroveň, potřebnou k vybuzení tranzistorů koncového stupně servozařízení. V kolektoru tranzistoru je zapojen transformátor, který má dvě shodná vinutí, zapojená tak, aby signály na bázi dvojčinného stupně byly stejné co do velikosti a otočené o  $180^\circ$ , pokud jde o jejich fázi.

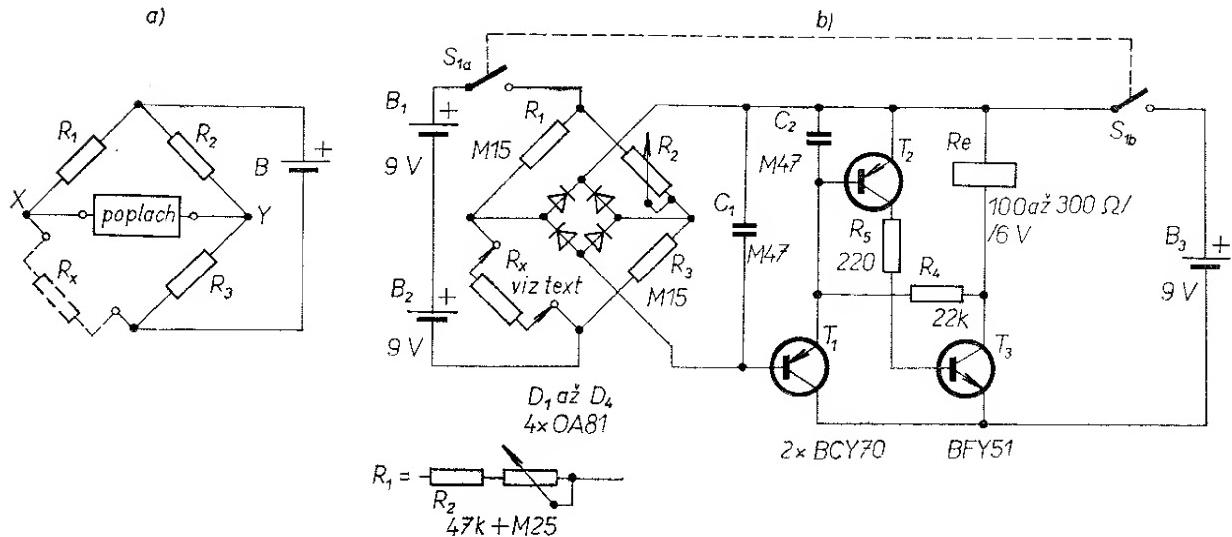
Kdyby se vstupní napětí pro horní tranzistor dvojčinného stupně přivádělo mezi bázi a zem, tranzistor by pracoval jako emitorový sledovač a zesilovací stupeň by napěťově nezesiloval. Protože je však signál přiváděn mezi bázi a emitor tranzistoru, pracuje horní tranzistor jako zesilovač se společným emitorem s tou výjimkou, že není rozdíl ve fázi mezi vstupním a výstupním signálem. Zesílení horního tranzistoru dvojčinného stupně je proto shodné se zesílením dolního tranzistoru, zapojeného jako zesilovač se společným emitorem. Kladnou půlvlnu budicího signálu zesiluje proto horní a zápornou dolní tranzistor dvojčinného stupně. Obě dvě půlvlny jsou zesíleny zcela shodně.

Výstupní napětí servozařízení se vede na vinutí motoru pro kontrolu fáze přes kondenzátor 500  $\mu\text{F}$ .

*RCA transistor, thyristor and diode manual*

### Poplašné zařízení

Poplašné zařízení na obr. 46 bylo zkonstruováno k ochraně domů a garáží, dílen atd., je vhodné především



Obr. 46. Základní zapojení vyváženého můstku s hlídací smyčkou (a) a celkové zapojení poplachového zařízení (b)

tam, kde je třeba použít jednoduché zabezpečovací zařízení pro velký hlídaný objekt.

Většina i továrně vyráběných hlídacích zařízení (v Anglii) podobné konstrukce jako na obr. 46 má jednu velkou nevýhodu – varovný signál se ozve vždy při zvětšení odporu „hlídací“ smyčky, zařízení ovšem selže tehdy, má-li hlídací smyčka kdekoli zkrat. Zkrat hlídací smyčky se však může vyskytnout velmi snadno, vede-li od hlídaného objektu vedení k vlastnímu poplašnému zařízení, a to především tehdy, je-li toto vedení dlouhé.

Aby se vyloučila možnost dočasněho přerušení činnosti hlídacího zařízení při výše uvedeném případu, bylo navrženo zařízení, u něhož je hlídací smyčka součástí vyváženého můstku. Smyčka o odporu  $R_x$  tvoří jednu větev můstku a při rovnováze můstku musí platit (obr. 46a)

$$R_x R_2 = R_1 R_3.$$

Mezi body X a Y můstku není při rovnováze žádné napětí. Změní-li se odporník hlídací smyčky, ať již proto, že se smyčka přetrhne nebo že bude mít zkrat, rovnovaha můstku se poruší a mezi body X a Y bude buď kladné nebo záporné napětí.

Aby bylo možno zpracovat kladná i záporná napětí z můstku co nejjedno-

dušeji, byl můstek doplněn diodovým můstekem, který zabezpečuje, že vstupní napětí vyhodnocovacího obvodu bude vždy záporné.

Celkové schéma můstku s hlídací smyčkou je na obr. 46b vlevo. Můstek se napájí napětím 18 V a skládá se z diod a odporek  $R_x$ ,  $R_1$  až  $R_3$ , přičemž proměnný odpór  $R_2$  je vhodné složit z pevného odporu  $47\text{ k}\Omega$  a proměnného odporu asi  $250\text{ k}\Omega$ . Aby byl klidový proud můstku co nejmenší, jsou odpory můstku relativně velmi velké ( $150\text{ k}\Omega$ ).

Výstupní impedance můstku je relativně velmi velká, proto musí být velká i vstupní impedance vyhodnocovacího obvodu. Toho se dosáhlo u obvodu v pravé části obr. 46b zapojením prvních dvou tranzistorů jako Darlingtonovy dvojice. Výstupní signál druhého tranzistoru ovládá činnost třetího tranzistoru, třetí tranzistor spíná vlastní signalizační obvod, buď relé (na obrázku) nebo např. světlo, houkačku apod. Podle druhu a příkonu signalizačního zařízení je pak třeba volit kolektorovou ztrátu  $T_3$ . Tranzistor BFY51 (v originálním zapojení) spíná relé s odporem cívky  $300\text{ }\Omega$ , v saturaci teče tranzistorem proud asi  $800\text{ mA}$  a jeho kolektorové napětí je asi  $0,3\text{ V}$ .

Je-li vstupním signálem uveden tranzistor  $T_3$  do vodivého stavu, kladnou

zpětnou vazbou z jeho kolektoru se udržují i oba tranzistory Darlingtonovy dvojice ve vodivém stavu nezávisle na vstupním proudu  $T_1$ .

Proud do báze třetího tranzistoru je omezen odporem  $R_5$ . Při použití jiného tranzistoru lze právě změnou uvedeného odporu nastavit proud báze u zvoleného typu tranzistoru.

Při nastavování přístroje se postupuje tak, že se místo  $R_x$  zapojí hlídací smyčka (tenký drát) a proměnným odporem  $R_2$  se manipuluje tak dlouho, až bude výstupní napětí můstku nulové (k indikaci je třeba použít citlivý měřicí přístroj s velkým vstupním odporem).

K praktickému zhotovení poznamenává autor, že odpor hlídací smyčky je příliš velký, než aby ho bylo možno realizovat pouze drátem – doporučuje proto vložit do hlídací smyčky dva odpory po  $100\text{ k}\Omega$  a případně i další odpor (podle délky smyčky a použitého drátu) tak, aby její celkový odpor byl právě asi  $150\text{ k}\Omega$ . Menší odchylky od uvedeného odporu smyčky lze „dorovnat“ proměnným odporem  $R_2$ . Funkci celého zařízení lze jednoduše čas od času vyzkoušet tak (vzhledem ke stárnutí baterií), že se změní nastavení běžce proměnného odporu střídavě k jednomu i ke druhému konci odporové dráhy. V obou případech musí poplachové zařízení spolehlivě pracovat.

*Practical Electronics č. 4, (duben) 1973*

### Dopředný čítač jako spínací hodiny a metronom

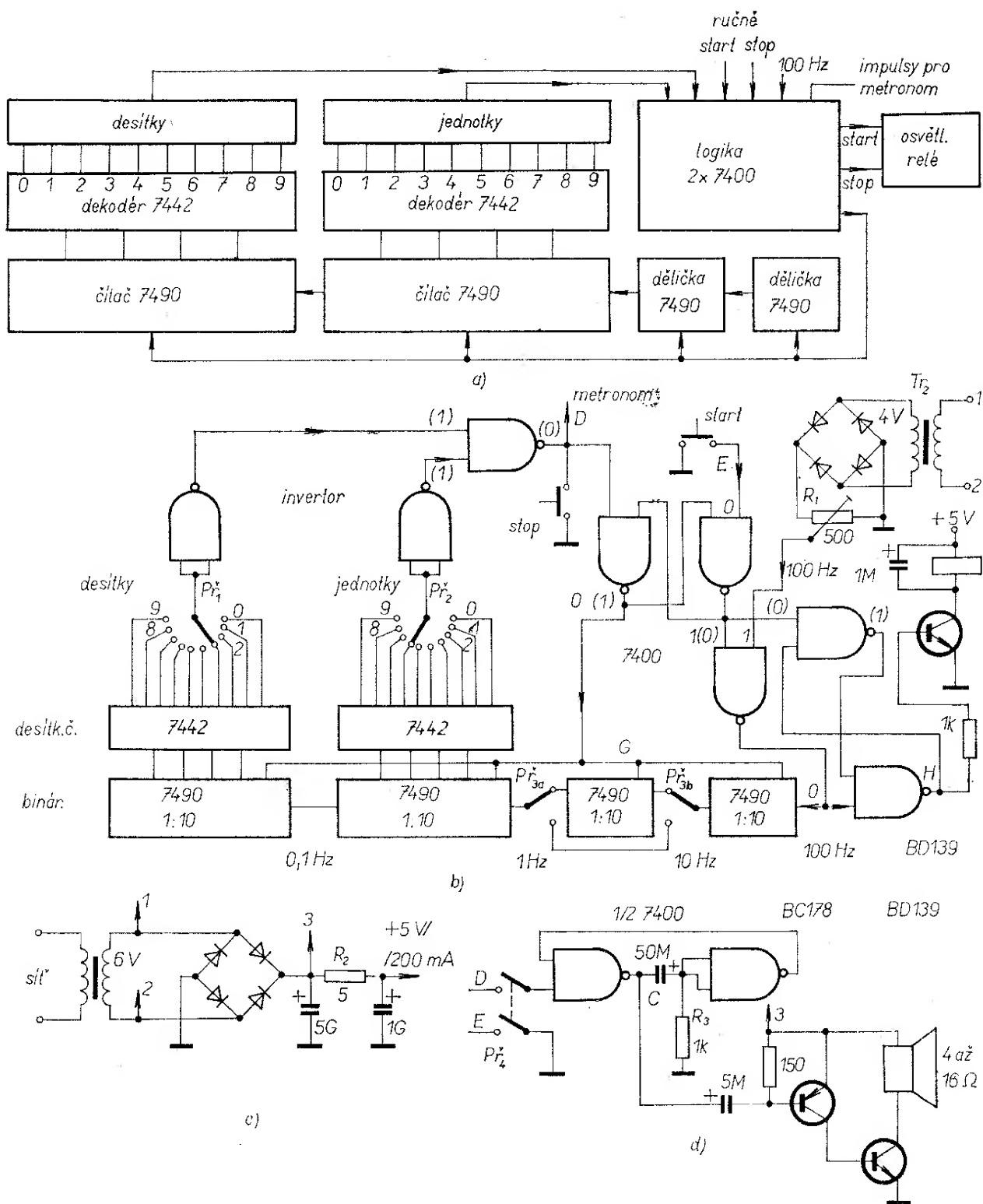
Popisovaný přístroj je všeobecně použitelný. Z celé řady možností je v původním článku popsáno, jak ho lze využít jako metronomu nebo časového spínače, přičemž jeho rozsahy jako spínače lze volit ve dvou variantách – jednak v mezích 0 až 9,9 s po krocích 0,1 s, a jednak v mezích 0 až 99 s po krocích 1 s.

Blokové schéma zapojení je na obr. 47a. Všechny čtyři čítače 7490 jsou zapojeny jako nesymetrické děličky/cítače 1 : 10. Zatímco první dva obvody 7490 „vyrábějí“ impulsy o kmitočtu 1 Hz

(popř. 10 Hz), třetí a čtvrtý obvod převádějí vstupní signál na signál v kódu BCD. Skutečné zapojení (i s propojením vývodů obvodů 7490) je podrobně uvedeno v původním pramenu, zjednodušeně je zapojení obvodů zřejmé z obr. 47b.

Vlastní logika s obvody 7400 se skládá z osmi hradel NAND. Hradla jsou zapojena (obr. 47b) jednak jako koincidentní obvod a jednak jako dva klopné obvody R-S a hradlo. Činnost zapojení: stisknutím tlačítka „start“ získáme startovací impuls  $E$ . První klopny obvod se překlopí, na jeho pravém výstupu bude signál log. 1. Tento impuls otevře hradlo pro čítací impulsy 100 Hz, které se přivádějí z běžce potenciometru  $R_1$  (z usměrňovacího můstku na sekundární straně transformátoru  $Tr_2$ ). Na výstupu hradla bude nyní signál o kmitočtu 100 Hz, jehož první impuls překlopí druhý klopny obvod R-S, takže se začíná napájet cívka relé, jehož kontakty spínají žárovku zvětšovacího přístroje. Současně začnou pracovat děličky a čítače. Při 36. čítacím impulsu (příklad, zvolený zapojením  $Př_1$  a  $Př_2$ ) bude na výstupu 1 Hz druhé děličky a na sběrači prvního i druhého přepínače současně nulové napětí, tj. na výstupech invertoru tedy signál log. 1. Hradlo NAND před invertorem bude mít na výstupu log. 0, první klopny obvod se překlopí, jeho levý výstup bude mít úroveň log. 1 a tímto signálem se vynulují všechny čtyři obvody 7490. Ve stejný okamžik bude na pravém výstupu klopného obvodu úroveň log. 0, hradlo se uzavře, druhý klopny obvod se překlopí; výsledkem je, že se přeruší napájení osvětlovací žárovky zvětšovacího přístroje.

Jak vyplývá z obr. 47b, je ovládací napětí pro spínací tranzistor relé odvozeno z výstupu druhého klopného obvodu přes odpor  $1\text{ k}\Omega$ . V uvedeném zapojení bylo použito relé s odporem cívky  $185\text{ }\Omega$ , jehož kontakty byly schopny spínat přímo osvětlovací žárovku. Transformátor  $Tr_2$  má sekundární napětí asi 4 V. Potenciometrem  $R_1$  se nastavuje pulsující napětí tak, aby logika pracovala zcela spolehlivě.



Obr. 47. Blokové zapojení spínacích hodin (a), celkové zapojení spínacích hodin (b), zapojení napájecího zdroje (c) a zapojení přípravku pro metronom (d)

Napájecí obvod je na obr. 47c. Je zcela běžný a v zařízení spolehlivě vyhověl všem požadavkům.

Ke spínacím hodinám byl jako doplněk zkonstruován i metronom. Jeho zapojení je na obr. 47d. Metronom se

skládá z monostabilního klopného obvodu z poloviny integrovaného obvodu 7400, jímž se „roztáhne“ vstupní impuls tak, že je slyšet z reproduktoru jako silný a krátký zvuk. Zabarvení zvuku z reproduktoru lze ovlivnit změnou odporu  $R_3$  a kapacity kondenzátoru  $C$ .

Na závěr článku jsou popsána další možná použití přístroje (elektronická kostka, impulsní generátor pro spínání fotografického aparátu při postupném exponování atd.), stejně podrobně je popsáno i zapojení jednotlivých integrovaných obvodů a koncepce mechaniky přístroje.

Funkschau č. 22/1974

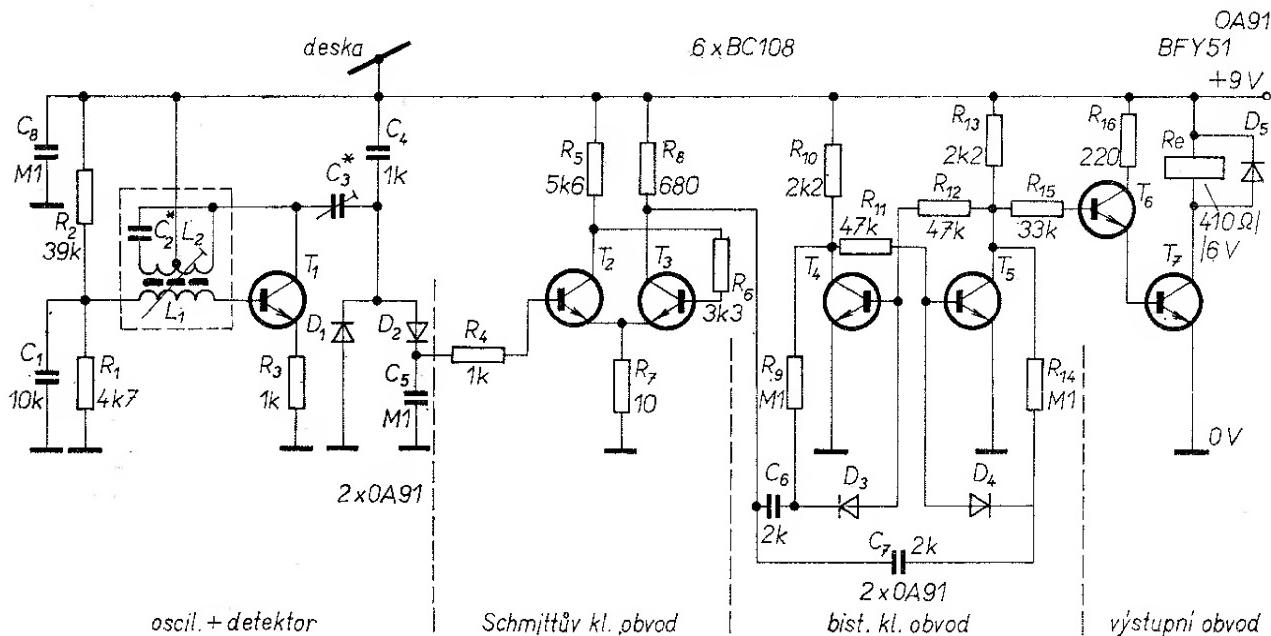
### Dotykový spínač

Dotykový spínač na obr. 48 pracuje tak, že při přiblížení prstu nebo ruky ke kovové desce sepne relé, které je připojeno k výstupu spínače. Použití přístroje je mnohostranné; lze ho vzhledem k velké ploše dotykové plochy použít ke spínání topení, světel, ventilace, různých strojů apod. Jeho přednosti lze ocenit především za tmy.

Spínače tohoto typu pracují obvykle tak, že změnou kapacity nebo induk-

nosti laděného obvodu je laděný obvod zatlumen, což vyvolá změnu proudu oscilátorem – tato změna proudu se zesiluje a zesíleným signálem se pak ovládá spínaný obvod. Tento způsob je nevhodný v praxi z různých důvodů, proto autor původního článku volil jiné řešení: oscilátor v zapojení na obr. 48 kmitá stále stejně, mění se pouze úroveň vf napětí, které se vede z oscilátoru na detektor, jehož výstupní napětí ovládá činnost Schmittova klopného obvodu. To umožnilo použít mnohem menší výstupní úroveň vf napětí z oscilátoru, čímž byly odstraněny některé z nevhodných vlastností těchto zapojení – vyzařování vf energie a poměrně značnou spotřebu proudu. V popisovaném zapojení je úroveň vf napětí na dotykové desce v rozmezí asi 75 až 100 mV.

Cívky  $L_1$  a  $L_2$  tvoří spolu s příslušnými kondenzátory a tranzistorem  $T_1$  oscilátor, který kmitá na kmitočtu 470 kHz. Stejnosměrný pracovní bod tranzistoru je nastaven odpory  $R_1$  a  $R_2$ . Zpětná vazba oscilátoru je zavedena přes  $L_1$  do báze tranzistoru. Vzhledem k velkému proudovému zesílení  $T_1$  a k jakosti  $Q$  obvodu bude v tomto zapojení na kolektoru tranzistoru vf sinusové napětí



Obr. 48. Schéma zapojení dotykového spínače. Všechny tranzistory jsou přímými ekvivalenty našeho typu KC508, tranzistor BFY51 lze nahradit jakýmkoli výkonovým tranzistorem typu n-p-n (jeho kolektorová ztráta musí odpovídat použitému typu relé, tj. odporu jeho cívky). Jako cívku oscilátoru lze použít mf transformátor 465 až 470 kHz

asi 20 V. Důležité je správně zapojit obě cívky laděného obvodu, vždy je třeba, aby začátek  $L_1$  byl zapojen do báze tranzistoru a konec  $L_2$  ke kolektoru tranzistoru. Na odporu v emitoru tranzistoru vzniká záporná zpětná vazba, která pomáhá tomu, aby na kolektoru tranzistoru bylo napětí sinusového průběhu.

Výstupní napětí oscilátoru se vede přes kondenzátor  $C_3$  na detektor, jehož obvod tvoří diody  $D_1$  a  $D_2$ . Vzhledem ke ztrátám je však v f frekvenci napětí na dotykové desce i nf napětí po detekci relativně malé. Ztráty se navíc zvětšují po přiblížení ruky (nebo nohy) k dotykové desce. Napětí za detektorem se po přiblížení ruky tak zmenší, že se překlopí klopny obvodu, překlopí se i následující bistabilní obvod a relé na výstupu sepne připojenou zátěž.

Velikost signálu na dotykové desce lze nastavit změnou kapacity kondenzátoru  $C_3$ , lze tedy říci, že citlivost spínače závisí na kapacitě tohoto kondenzátoru. Zvětšováním kapacity se citlivost zmenší a naopak. Kapacita kondenzátoru závisí i na rozdílech dotykové desky, čím menší je deska, tím jsou menší i ztráty v f energie a vyhoví i malá kapacita kondenzátoru  $C_3$  v rozmezí 1 až 2 pF. Při nastavování je nevhodnější realizovat kondenzátor  $C_3$  tak, že se vzájemně zkroutí dva tlustší dráty a odvinováním nebo přivinováním závitů zkrutu se nastaví žádaná citlivost spínače. Použije-li se velká dotyková deska, lze jako  $C_3$  použít např. hrničkový vzduchový trimr, který mívá kapacitu v rozmezí asi 3 až 30 pF (ze starších rozhlasových přijímačů).

Za klidového stavu je první tranzistor Schmittova klopného obvodu ve vodivém stavu, druhý tranzistor je uzavřen. Zmenší-li se po dotyku desky výstupní napětí detektoru, první tranzistor se uzavře, druhý se otevře a na výstupu Schmittova obvodu se objeví úzký záporný impuls. Impuls překlopí bistabilní obvod a ten uvede do vodivého stavu dvojici výstupních tranzistorů, z nichž BFY51 spíná relé.

*Practical Electronics č. 10, (říjen) 1974*

## Sháníte marně

### čísla AR a RK ?

Je jen jediná cesta, jak tomu předejít – předplatit si Amatérské radio a jeho konstrukční přílohu pro rok 1976 u PNS. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel.

## Nomogramy

Jedněmi z nejužitečnějších pomůcek v radiotechnické a elektrotechnické praxi jsou nomogramy, neboť dovolují např. při návrhu obvodu udělat si relativně rychlý a vesměs i přesný obraz o vlastnostech obvodu, údajích součástek, nutných úpravách zapojení atd. Do tohoto čísla RK jsem vybral některé z nomogramů, které byly uveřejněny v časopisu Funkamatér (NDR).

### Nomogram A – sériové zapojení pevného a proměnného kondenzátoru

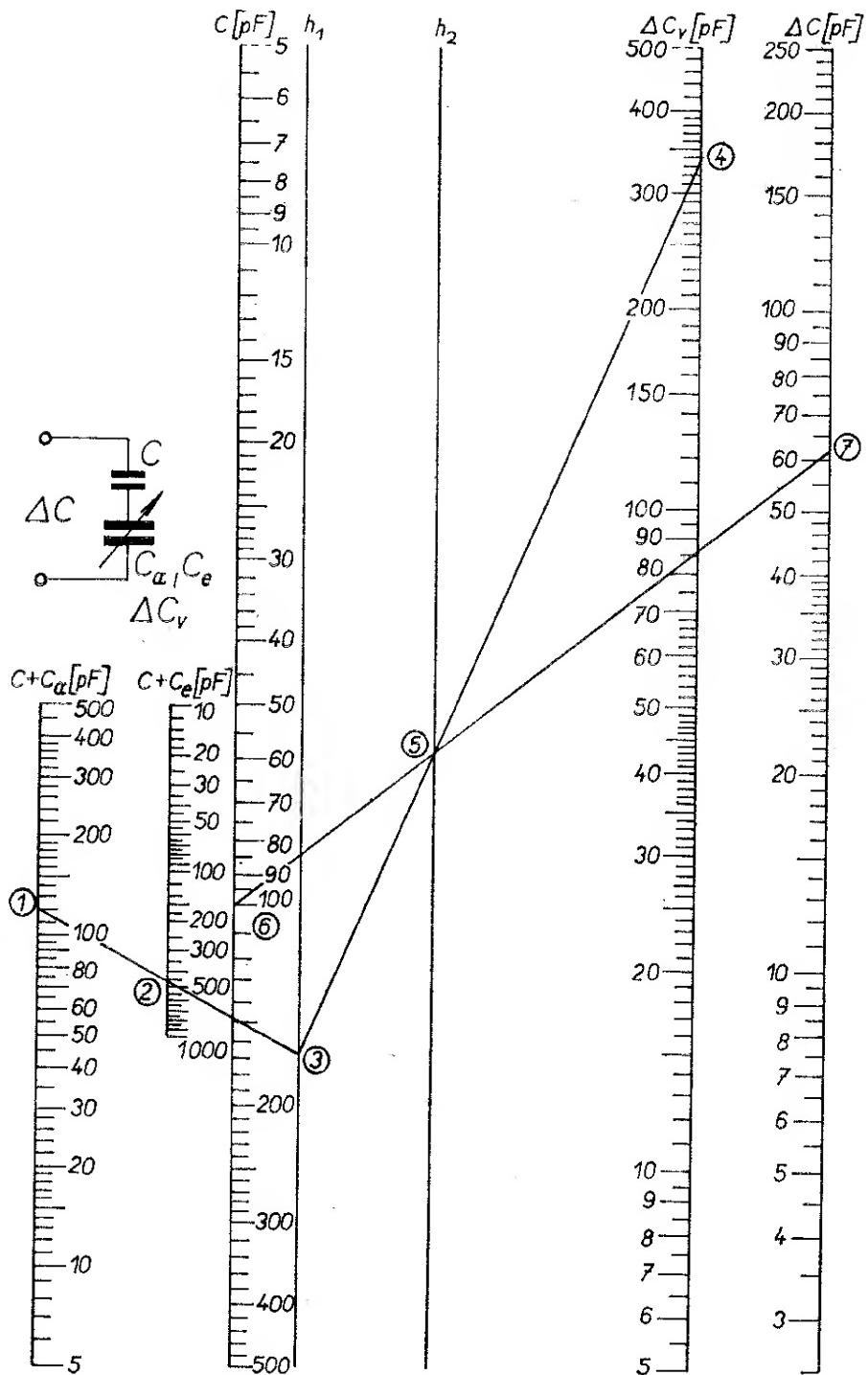
Nomogram vychází ze vztahu

$$\Delta C = \frac{C^2 \Delta C_v}{(C + C_a)(C + C_e)},$$

kde  $\Delta C$  jsou změny kapacity sériově zapojených kondenzátorů,  $C$  je kapacita pevného kondenzátoru,  $\Delta C_v$  je změna kapacity ladicího (proměnného) kondenzátoru,  $C_a$  je počáteční a  $C_e$  konečná kapacita proměnného kondenzátoru.

*Příklad:* pevný kondenzátor 100 pF je zapojen v sérii s proměnným kondenzátorem 20 až 360 pF; tedy  $C = 100$  pF,  $\Delta C_v = 340$  pF,  $C + C_a = 120$  pF,  $C + C_e = 460$  pF. Hledá se  $\Delta C$ .

Postup určení kapacity je zřejmý z nomogramu. Výsledkem je bod 7 na stupnici pro  $\Delta C$ , tedy  $\Delta C =$  asi 62 pF.



Nomogram A. Kapacita při sériovém spojení proměnného a pevného kondenzátoru

#### Nomogram B – vlnový odpor dutinového rezonátoru

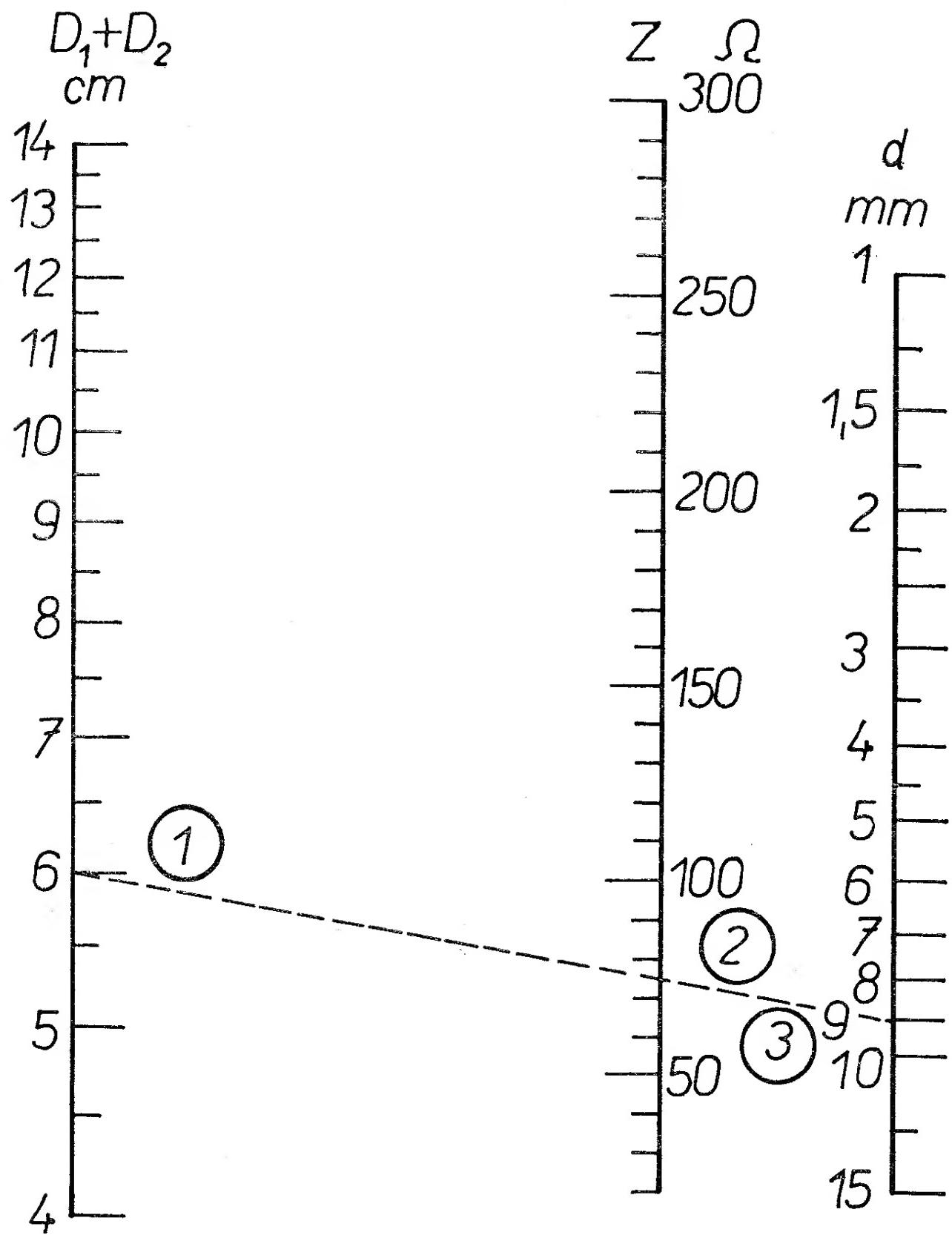
Vlnový odpor jednoduchého dutinového rezonátoru s pravoúhlým nebo čtvercovým průřezem pláště lze vypočítat ze vztahu

$$|\mathcal{Z}| = 60 \ln \left( 1,2 \frac{D_1 + D_2}{2d} \right),$$

kde  $|\mathcal{Z}|$  je vlnový odpor,  $D_1$  a  $D_2$  jsou stranové rozměry pláště v cm,  $d$  je průměr vnitřního vodiče v cm; vlnový odpor je v ohmech.

V praxi se vztah obvykle zjednoduší na

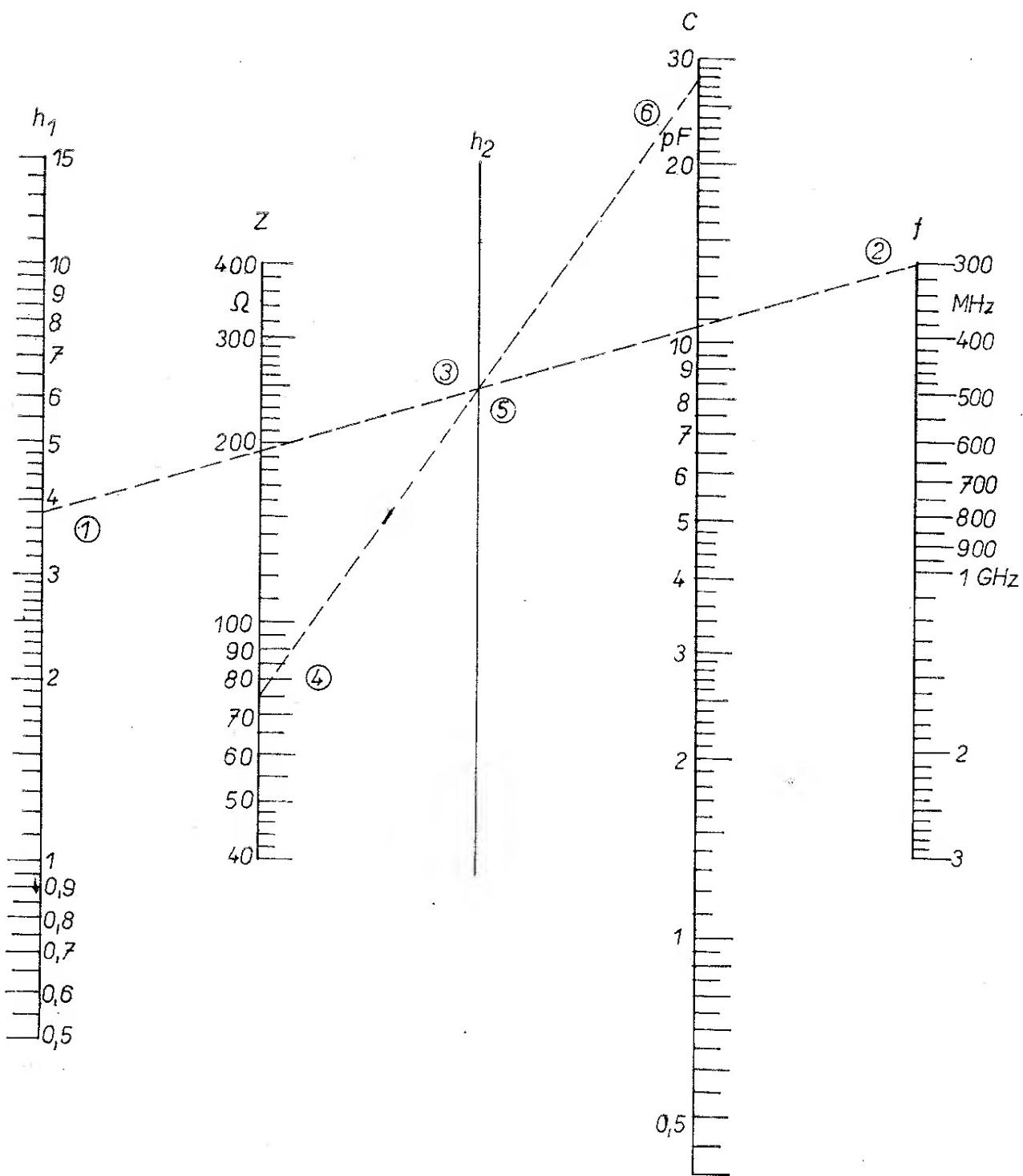
$$\mathcal{Z} = 143 \log \frac{D_1 + D_2}{2d}.$$



Nomogram B. Vlnový odpor dutinového rezonátoru

Z tohoto vztahu byl také zkonstruován nomogram. Vzhledem k tomu, že se největší jakostí vedení dosáhne při vlnovém odporu  $75 \Omega$  a protože stranové rozměry jsou obvykle dány, počítá se většinou pouze průměr vnitřního vodiče.

*Příklad:*  $D_1 = 3 \text{ cm}$ ,  $D_2 = 3 \text{ cm}$ ;  $D_1 + D_2 = 6 \text{ cm}$ . Zvolí-li se vlnový odpor  $75 \Omega$ , je jako výsledek použití nomogramu údaj na stupnici  $d$  v bodě 3; průměr vnitřního vodiče je tedy  $9 \text{ mm}$ .



Nomogram C. Určení kapacity ladícího kondenzátoru pro dutinový rezonátor

$$56 \cdot \frac{4}{75} R_K$$

### Nomogram C – určení kapacity ladicího kondenzátoru u dutinových rezonátorů

V praxi používané dutinové rezonátory jsou elektricky zkrácená vedení. Zkracovací kapacita je bud ve formě kapacitního trimru nebo ladicího kondenzátoru. Označí-li se kruhový kmitočet obvodu  $\omega$  ( $\omega = 2\pi f$ ), vlnová délka  $\lambda$  a rozdíl mezi mechanickou délkou a  $\lambda/4$  jako  $d_z$ , je pak kapacita kondenzátoru  $C$

$$C = \frac{1}{\omega Z} \operatorname{tg} \frac{2\pi d_z}{\lambda},$$

přičemž je třeba poznamenat, že se jako  $\pi$  uvažuje v uvedeném vztahu úhel. Pro praktické účely lze uvedený vztah upravit na

$$C = \frac{[\operatorname{tg}(12f_1 d_z)]^\circ \cdot 10^6}{2\pi f_2 Z},$$

kde  $f_1$  je v GHz,  $f_2$  v MHz,  $d_z$  v cm,  $Z$  v ohmech,  $C$  v pF. Podle tohoto vztahu byl konstruován nomogram.

*Příklad:* pro dutinový rezonátor pro kmitočtový rozsah 300 MHz <  $f$  < < 1,2 GHz je třeba navrhnut ladicí kondenzátor. Délka vnitřního vodiče byla stanovena na 4 cm. Pro  $f = 300$  MHz ( $\lambda/4 = 25$  cm) je  $d_z = 21$  cm. Podle uvedených údajů se zjistí v nomogramu [1] úhel 75°. Z tabulek, popř. podle logaritmického právítka nebo pomocí kalkulačky se zjistí  $\operatorname{tg} 75^\circ$ . Číselný údaj se vynese na pomocnou přímku  $h_1$  (bod 1) v nomogramu  $C$  a spojí se s bodem 2 na ose pro kmitočet (300 MHz). Spojnice protne pomocnou přímku v bodě 3. Dále se zvolí vlnový odpor  $Z$  (např. 75 Ω). Spojí-li se nyní bod 4 s bodem 3, protne spojnice osu pro určení kapacity kondenzátoru v bodě 6. Bod 6 určuje tedy kapacitu pro kmitočet 300 MHz. Stejným způsobem lze nalézt počáteční kapacitu ladicího kondenzátoru pro kmitočet 1,2 GHz.

[1] Nomogram 45. Funkamateur č. 2/1972.

### Konstrukční část

#### Stabilizovaný zdroj k napájení operačních zesilovačů

Polovodičovými prvky, které se stále častěji používají (a zřejmě budou používat) jsou operační zesilovače. Aby se využilo všech výhodných vlastností operačních zesilovačů (malý výstupní odpor, velký vstupní odpor, velké zesílení atd.), je obvykle třeba napájet obvody s operačními zesilovači souměrným napájecím napětím ze stabilizovaného zdroje. Zesilovač sám většinou nevyžaduje dokonale stabilizované napájecí napětí, neboť jeho nesymetrie se mění se změnou napájecího napětí relativně málo (např. zesilovač MAA501 typicky 100 μV/V), stačilo by tedy stabilizovat napájecí napětí běžnými stabilizačními diodami. Větší nároky jsou kladeny na zdroj tehdy, zesiluje-li se operačním zesilovačem velmi malé stejnosměrné napětí a především tehdy, slouží-li rozvod napájecího napětí v uvažovaném zapojení též jako napětí referenční.

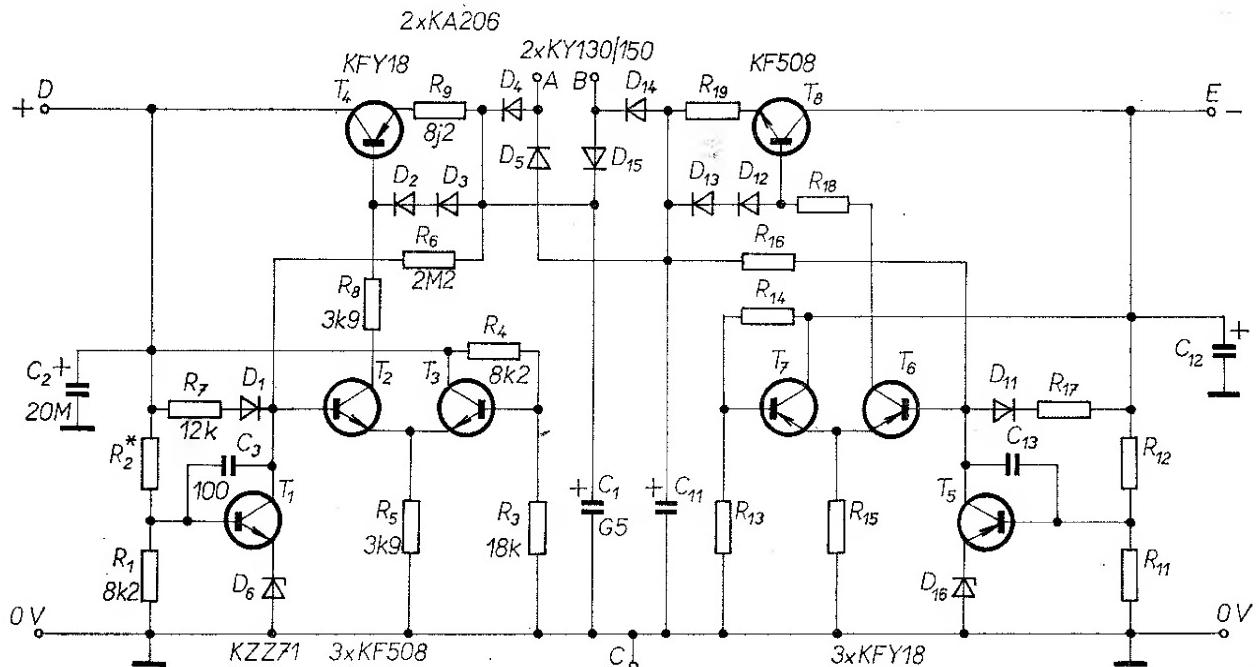
Celý zdroj se skládá ze dvou identických polovin, z nichž každá je schopna samostatné funkce. Zapojení jednotlivých polovin se liší pouze použitými polovodičovými prvky a polaritou diod a elektrolytických kondenzátorů. Zapojení si popíšeme na kladné věti stabilizátoru.

Zdroj obsahuje i usměrňovač a vstupní filtr (obr. 1, 2). Síťový transformátor může mít jak vinutí pro můstkový usměrňovač, tak i vinutí pro dvojcestné usměrnění, popř. lze použít i jednocestný usměrňovač; v každém z vyjmenovaných případů je však třeba vynechat ze zapojení příslušné diody v usměrňovači. Při jednocestném usměrnění se jeden konec sekundárního vinutí připojí na zem a druhý na zkratované svorky  $A$  a  $B$ . Je však třeba uvědomit si, že při jednocestném usměrnění bude zatížitelnost zdroje asi 60 % jmenovité velikosti.

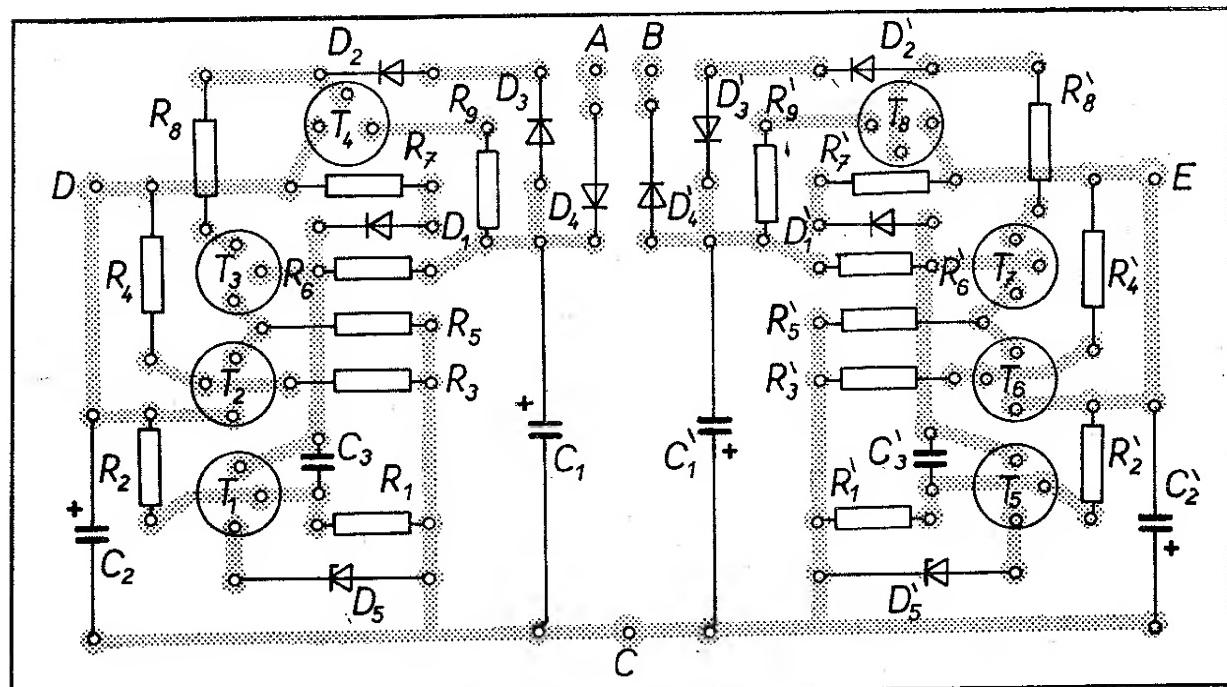
Jako vlastní stabilizátor je použit stejnosměrný zesilovač s plnou zápornou zpětnou vazbou (tranzistory  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_4$ ). Uvedené tranzistory jsou zapojeny

se společným emitorem, proto je zisk ve smyčce zpětné vazby velký, což zaručuje dobré vlastnosti stabilizátoru. Ze schématu zapojení je zřejmé, že transistor  $T_1$  a tedy i  $D_6$  jsou napájeny z výstupu stabilizátoru. Protože takto zapo-

jený stabilizátor se nemůže sám „nastartovat“, je zapojení doplněno startovacím obvodem (odpor  $R_6$  a dioda  $D_1$ ). V okamžiku zapnutí stabilizátoru je na jeho výstupu nulové napětí. Protože  $R_6$  je zapojen na vstupní stranu stabilizá-



Obr. 1. Zapojení stabilizovaného jištěného zdroje pro napájení operačních zesilovačů



Obr. 2. Deska s plošnými spoji J206 zdroje z obr. 1

toru, teče jím proud do báze  $T_2$  ( $D_1$  je půlována v závěrném směru a představuje tedy velký odpor), který se otevírá – tím se otevírá i  $T_4$  a napětí na výstupu se zvětšuje. V rovnovážném stavu teče kolektorový proud  $T_1$  vlastně pouze přes  $R_7$  a diodu  $D_1$ , která je nyní půlována v propustném směru. Její dynamický odpor je tedy zanedbatelný proti  $R_7$  i proti  $R_6$ . To v praxi znamená, že změny vstupního napětí působí na výstupní napětí prostřednictvím  $R_6$  jen zcela nepatrně, což se projevuje na velmi dobrém činiteli stabilizace popisovaného stabilizátoru.

Součástí stabilizátoru je i elektronická pojistka, která chrání regulační tranzistor před zničením při krátkodobých zkratech na výstupu. Tvoří ji obvod s  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  a  $R_9$ .

Výstupní proud stabilizátoru protékající odporem  $R_9$  vyvolá na něm úbytek napětí, jehož se využívá pro elektronickou pojistku. Je-li úbytek napětí větší než úbytek napětí na jedné z diod v propustném směru (nebo zhruba stejný), teče budicí proud tranzistoru  $T_4$  diodami přímo na výstup stabilizátoru, takže při zvětšování zátěže (tj. při zmenšení jejího odporu) zůstává výstupní proud konstantní. Druhá z obou diod v sérii kompenzuje úbytek napětí na přechodu báze-emitor  $T_4$ .

Teplotní stabilita je zajištěna vhodnou volbou stabilizační diody  $D_6$ . Optimální by bylo, kdyby se vzájemně kompenzoval teplotní součinitel diody a tranzistoru  $T_1$ . Proto je vhodné, aby oba tyto prvky měly dobrý teplotní souběh.

Kondenzátor  $C_3$  zajišťuje kmitočtovou stabilitu zdroje.

### Oživení a nastavení

Jsou-li dobré součástky, pracuje zdroj na první zapnutí. Seřídit je třeba pouze výstupní napětí, a to na zvolenou velikost (obvykle 15 V). Výstupní napětí lze nastavit změnou odporu  $R_1$  nebo  $R_2$ . Výstupní napětí lze nastavit v rozmezí asi 8 až 20 V (při vstupním napětí asi 22 V). Zvolíme-li výstupní napětí 15 V, bude  $R_2$  asi 8 až 9 k $\Omega$ , odpor závisí především na napětí stabilizační diody;

dioda ve vzorku měla Zenerovo napětí 6,8 V při proudu 1 mA.

Vhodná velikost střídavého napětí na vstupech  $A$  a  $B$  je asi  $2 \times 18$  V (pro výstupní napětí 15 V). Při větším vstupním napětí se zbytečně ohřívají výstupní tranzistory, při menším vstupním napětí je nebezpečí, že se při větším odběru proudu zmenší vstupní napětí pod mez, která umožňuje správnou činnost regulátoru. Pro větší výstupní proudy je třeba opatřit tranzistory chladiči.

Proudová pojistka je pro daný odpor  $R_9$  nastavena pro maximální odběr proudu asi 80 mA (proud k napájení 10 kusů zesilovačů MAA501).

Na funkčním vzorku stabilizátoru byly naměřeny tyto parametry:

výstupní odpor: 80 m $\Omega$ ,  
činitel stabilizace: 1 600,  
zvlnění na výstupu: 0,2 mV.

### Seznam součástek

#### Odpory (všechny typu TR 151)

$R_1$ , $R_4$ ( $R_{11}$ , $R_{14}$ )	8,2 k $\Omega$
$R_2$ ( $R_{12}$ )	podle požadovaného výstupního napětí, viz text
$R_3$ ( $R_{13}$ )	18 k $\Omega$
$R_5$ , $R_8$ ( $R_{15}$ , $R_{18}$ )	3,9 k $\Omega$
$R_6$ ( $R_{16}$ )	2,2 M $\Omega$
$R_7$ ( $R_{17}$ )	12 k $\Omega$
$R_9$ ( $R_{19}$ )	8,2 $\Omega$ (TR 112a)

#### Kondenzátory

$C_1$ ( $C_{13}$ )	500 $\mu$ F/35 V, TE 986
$C_2$ ( $C_{12}$ )	20 $\mu$ F/15 V, TE 984
$C_3$ ( $C_{11}$ )	100 pF, keramický

#### Polovodičové prvky

$T_1$ až $T_3$ , $T_8$	KF508 (KF507)
$T_4$ až $T_7$	KFY18 (KF517)
$D_1$ až $D_3$ ( $D_{11}$ až $D_{13}$ )	KA206 (KA501)
$D_4$ , $D_5$ ( $D_{14}$ , $D_{15}$ )	KY130/150
$D_6$ ( $D_{16}$ )	KZZ71

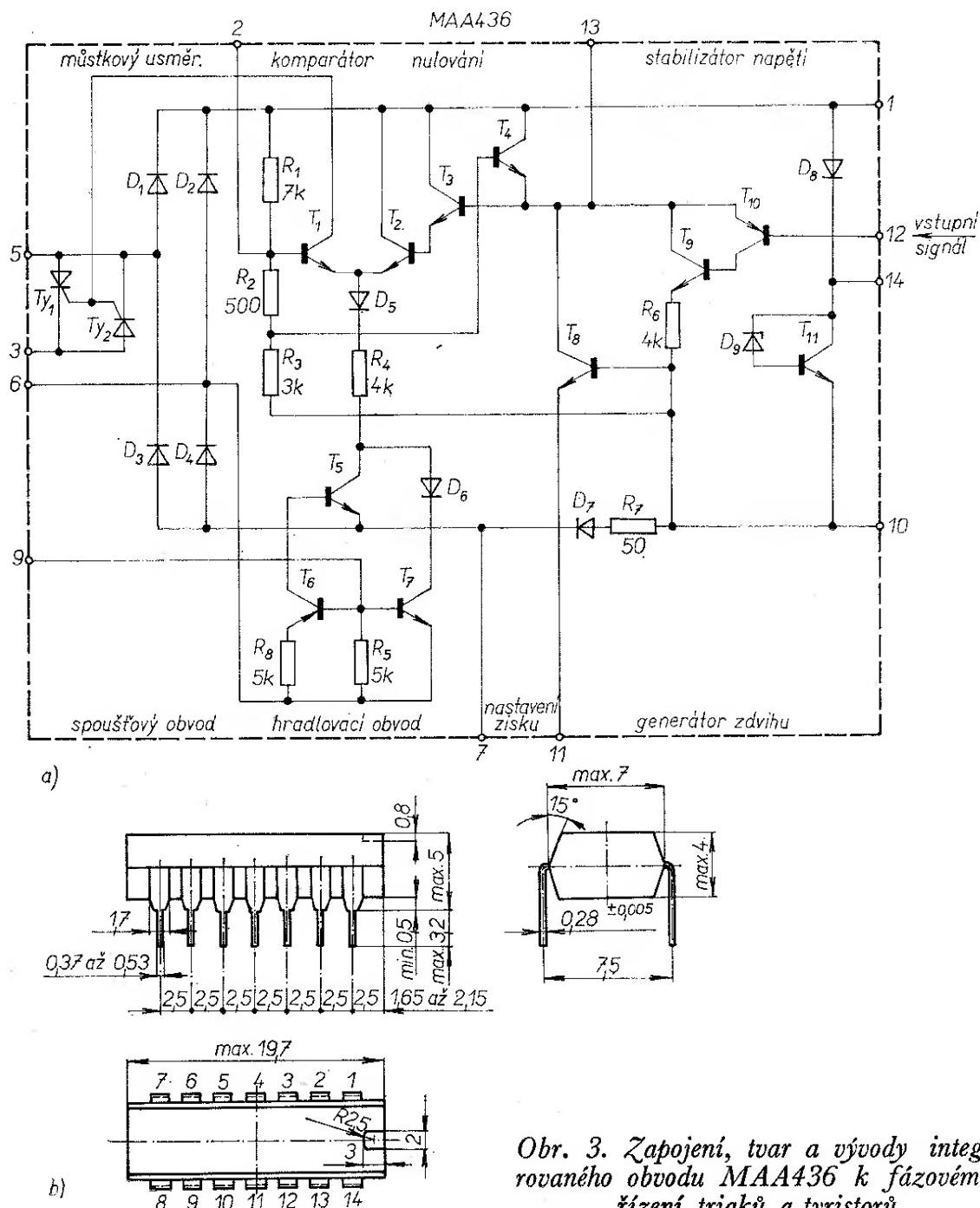
### Aplikace integrovaného obvodu MAA436

V nedávné době byla v n. p. TESLA Rožnov zahájena sériová výroba integrovaného obvodu MAA436, jehož struktura i použití vybočují poněkud z dosud vyráběných řad lineárních i číslicových integrovaných obvodů (obr. 3). Jde totiž o řídící obvod, určený k fázovému řízení tyristorů a triaků. I když je tento obvod určen především k průmys-

lovým aplikacím, najde jistě své uplatnění i v amatérské elektronice, v zapojení různých regulátorů výkonu, teploty, osvětlení, rychlosti otáčení motorů apod.

V odborných časopisech již byla publikována celá řada různých regulátorů s bezkontaktními spínači (tyristory nebo triaky); většinou však šlo o zapojení buď poměrně složitá, nebo co do vlastnosti nedokonalá (výjimky potvrzují pravidlo), především obvykle s malým roz-

sahem regulace. Při použití obvodu MAA436 lze dosáhnout rozsahu regulace výkonu od 1 do 99 % (což odpovídá fázovému posuvu výstupních řídících impulsů 20 až 160°). Přínos obvodu MAA436 spočívá především ve zjednodušení a zkvalitnění řídících obvodů. Podrobné informace o vnitřní struktuře obvodu, principu jeho činnosti, způsobu měření hlavních parametrů a příklady zapojení jsou v [1] a [2].

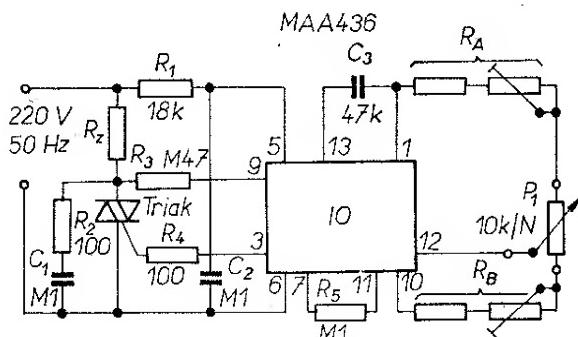


Obr. 3. Zapojení, tvar a vývody integrovaného obvodu MAA436 k fázovému řízení triaků a tyristorů

Dříve než si uvedeme příklady zapojení obvodů k bezkontaktnímu řízení výkonu, upozorňují důrazně, že se jedná o zařízení, spojená galvanicky se sítí a že všechny obvody těchto zařízení (včetně kontrolních a regulačních prvků a čidel) mohou být při dotyku životu nebezpečné. Na to je třeba brát ohled při návrhu skřínky a všech dílů, které s popisovanými zařízeními souvisí. Kromě toho doporučují, aby se při zkouškách zapojení obvodů a zařízení zásadně používal oddělovací transformátor.

### Regulátor výkonu

Regulátor na obr. 4 je vhodný k ručnímu řízení osvětlení, teploty různých

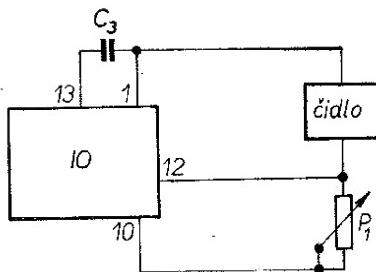


Obr. 4. Regulátor výkonu

spotřebičů (vařiče, žehličky, pásky), rychlosti otáčení kolektorových motorků (vrtačky, šicí stroje, navíječky, ventilátory). Regulačním prvkem je potenciometr; odpory  $R_A$ ,  $R_B$  (trimry) slouží k nastavení rozsahu regulace. Maximální regulovaný výkon závisí na typu použitého triaku (pro KT205 je to asi 650 W, pro KT773 asi 1 300 W, pro KT783 asi 2 200 W).

### Regulace teploty a osvětlení

Obvod podle obr. 5 je schopen samočinně udržovat (regulovat) intenzitu osvětlení nebo teplotu; obě tyto veličiny lze na žádanou velikost nastavit potenciometrem  $P_1$ . Odpor potenciometru se řídí odporem čidla v uvažovaném rozsahu regulované veličiny, může být maximálně asi 100 k $\Omega$ .



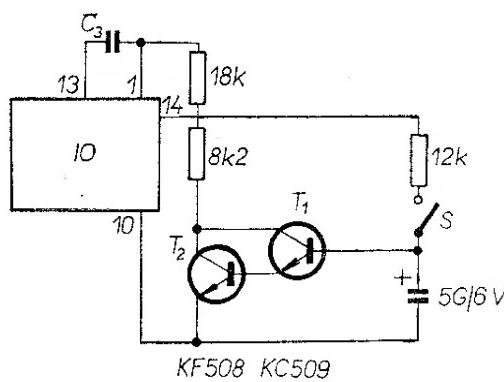
Obr. 5. Regulátor teploty a osvětlení

Jde-li o regulátor teploty, použijeme jako čidlo termistor (tyčinkový nebo perličkový), který musí mít tepelný kontakt s objektem, jehož teplotu chceme regulovat. Při pečlivém návrhu celkového uspořádání lze dosáhnout přesnosti regulace řádu desetin °C.

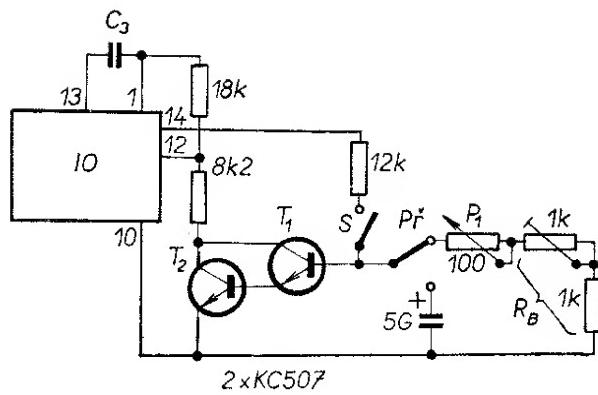
V zařízeních k regulaci osvětlení nahradíme pouze termistor fotoodporem a zatěžovacím odporem bude místo topného tělesa žárovka. Požadovanou stálou úroveň osvětlení nastavujeme potenciometrem  $P_1$ .

### Plynulé stmívání světel

Obvodem na obr. 6 lze samočinně řídit pomalé a plynulé zhášení světel, což se uplatní nejen v divadlech a kinech, ale i v domácnosti nebo v přednáškových síních při promítání filmů nebo diapozitivů. Při sepnutí spínače  $S$  dodává regulátor do zátěže se spožděním asi 0,3 s plný výkon. Při rozpojení spínače se kondenzátor  $C_4$  pomalu nabíjí, čímž dochází k uzavírání tranzistorů  $T_1$  a  $T_2$  a tím k pomalému posuvu zapalovacích impulsů jako při regulaci podle obr. 3.



Obr. 6. Obvod k plynulému zhášení světel



Obr. 7. Upravený obvod z obr. 6

Uvedené zapojení lze snadno kombinovat (pomocí přepínače) se zapojením na obr. 3, což umožňuje jednoduchým zařízením (snadno se vejde do bakelitové krabičky typu B1, viz obrázek na titulní straně) plynule stmívat osvětlení nebo nastavit pro danou situaci nevhodnější intenzitu osvětlení. Schéma zapojení takového zařízení je na obr. 7.

Na závěr je třeba ještě připomenout, že fázová regulace výkonu kromě mnoha výhod má i jednu velkou nevýhodu – je zdrojem rušení, které vzniká rychlým spínáním velkých proudů a výkonů. Je samozřejmou povinností uživatele podobného zařízení postarat se o omezení tohoto rušení na přípustnou úroveň.

Všechna uvedená zapojení je možno realizovat na destičce s plošnými spoji podle obr. 8. Destička odpovídá přesně ovšem pouze pro zapojení z obr. 4.

## *Seznam součástek*

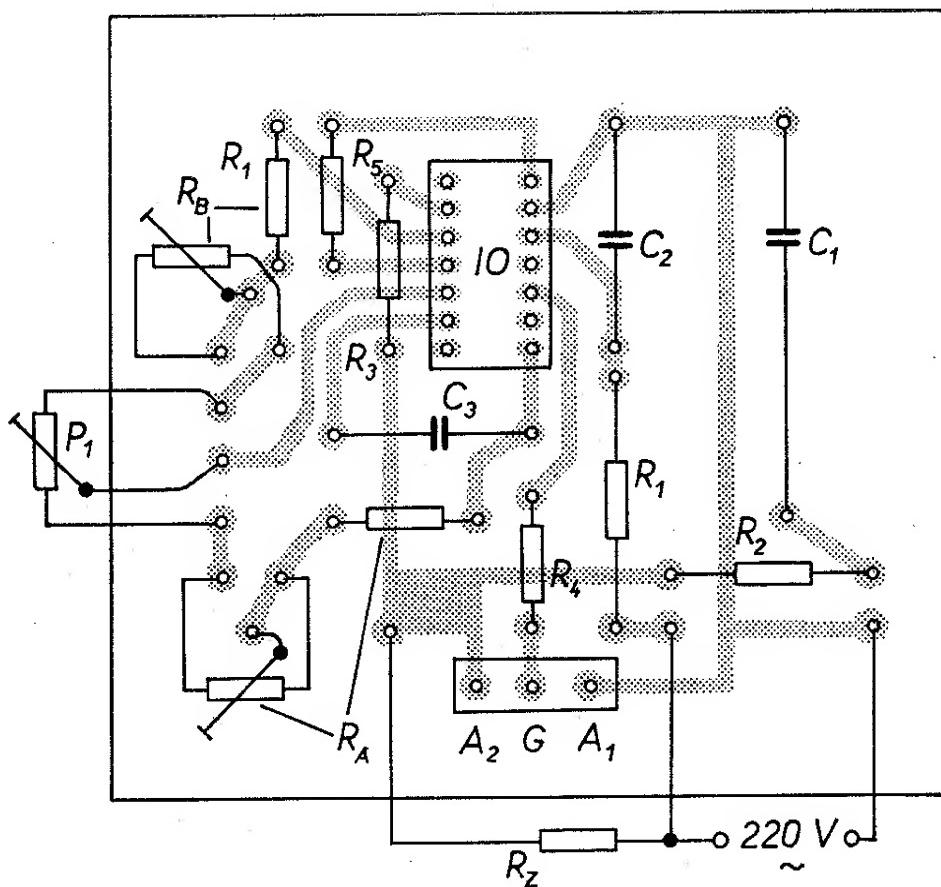
## Odpory

$R_1$  18 k $\Omega$ /3 W, TR 183  
 $R_2, R_4$  100  $\Omega$ , TR 152  
 $R_3$  0,47 M $\Omega$ , TR 151  
 $R_5$  100 k $\Omega$ , TR 151

## *Kondenzátory*

$C_1$  0,1  $\mu\text{F}$ /630 V, TC 184  
 $C_2$  0,1  $\mu\text{F}$ /100 V, TC 180  
 $C_3$  47 nF/100 V, TC 180

(součástky ovládacích obvodů nejsou v rozpisce uvedeny)



Obr. 8. Deska s plošnými spoji J207 regulátoru

## Literatura

- [1] Hrubý, F.: Integrovaný obvod MAA436 k fázovému řízení triaků a tyristorů. Sdělovací technika č. 12/1974.
- [2] Příklady použití integrovaného obvodu MAA436 pro fázové řízení triaků a tyristorů. Technické zprávy TESLA Rožnov.

## OBSAH

K čemu hlava . . . . . 1

### Zajímavá a praktická zapojení 8

#### Zdroje napáječe, nabíječe, měniče

Stabilizovaný zdroj 0 až 30 V s omezením výstupního proudu	2
Stabilizovaný zdroj 0 až 32 V s omezením proudu nad 2 A	3
Stabilizovaný napájecí zdroj 270 V, 0,6 A	4
Paralelní stabilizátor napětí	6
Zdroj stabilizovaného napětí 5 V k napájení integrovaných obvodů, jištěný proti výpadku sítě	7
Měnič napětí 6/12 V bez transformátoru	9

#### Nf technika

Nf zesilovač, pracující ve třídě A (AB) se stálým odběrem proudu (pro televizní přijímače)	10
Mikrofonní předzesilovač s velkým rozsahem dynamiky	12
Předzesilovač Hi-Fi pro gramofon, tuner a magnetofon	12
Univerzální nf předzesilovač	13
Nf zesilovací stupeň s výstupním napětím závislým na vstupním napětí	14
Nf kompresor	15
Nf předzesilovač s volitelným zesílením	16

#### Antény a anténní rotátory

Logaritmickoperiodická televizní anténa	18
Servo k ovládání anténního rotátoru	19

#### Přijímací technika, přijímače

Odstranění poruch v příjmu u občanských radiostanic	21
Miniaturní přijímač pro napájení jedním článkem NiCd	22
Jednoduchý přijímač VKV se dvěma cívkami	23
Obvod soustředěné selektivity	25

#### Měřicí technika

Vf generátor	26
Nf generátor	27
Univerzální levné měřicí přístroje	28
Zesilovač pro univerzální měřicí přístroje	29

Stejnosměrný a střídavý milivoltmetr . . . . .	30
Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů . . . . .	32
Zkoušeč tyristorů a triaků . . . . .	34
Jednoduchý zkoušeč operačních zesilovačů . . . . .	35
Ohmmetr s lineární stupnicí . . . . .	36
Ohmmetr s lineární stupnicí pro přesné měření odporů a stejnosměrný milivoltmetr . . . . .	37
Dva užitečné přípravky . . . . .	39
Přímoukazující měřič kapacit . . . . .	40
Zkoušeč elektrolytických kondenzátorů . . . . .	41
Měřič kmitočtu s lineární stupnicí . . . . .	43
Elektronický teploměr . . . . .	44
Elektronický přepínač k osciloskopu . . . . .	44

## Různě aplikovaná elektronika

Jednoduchý elektronický zvonek . . . . .	45
Regulátor napětí pro Trabanta . . . . .	46
Varovný obvod pro motorová vozidla . . . . .	46
Hlídač hladiny brzdové kapaliny . . . . .	47
Servozesilovač . . . . .	48
Poplašné zařízení . . . . .	48
Dopředný čítač jako spínací hodiny a metronom . . . . .	50
Dotykový spínač . . . . .	52

## Nomogramy

Nomogram A – sériové spojení pevného a proměnného kondenzátoru . . . . .	53
Nomogram B – vlnový odpor dutinového rezonátoru . . . . .	54
Nomogram C – určení kapacity ladícího kondenzátoru u dutinových rezonátorů . . . . .	57

## Konstrukční část

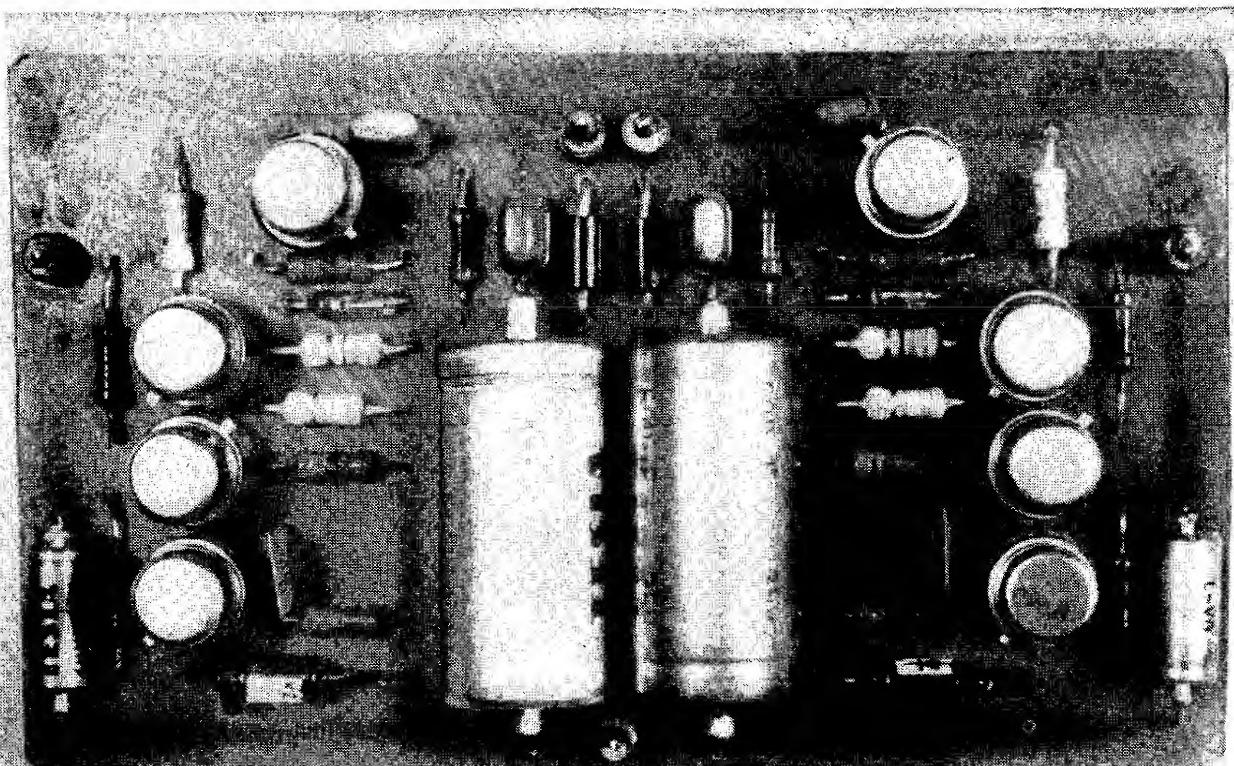
Stabilizovaný zdroj k napájení operačních zesilovačů . . . . .	57
Aplikace integrovaného obvodu MAA436 . . . . .	59

---

**RADIOVÝ KONSTRUKTÉR** – vydává vydavatelství Magnet, Praha 1, Vladislavova 26, PSČ 113 66, telefon 26 06 51—7 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51—7, linka 354 (šéfredaktor), popř. 353 (redaktor) ● Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harmínc, L. Hlinský, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradinský, ing. J. T. Hyán, ing. J. Jaroš, ing. F. Králík, ing. J. Navrátil, K. Novák, ing. O. Petráček, L. Tichý, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG ● Ročně vyjde 6 čísel ● Cena výtisku 4,50 Kčs, pololetní předplatné 13,50 Kčs, roční předplatné 27,— Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil Magnet - administrace, Vladislavova 26, 113 66 Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohlédací pošta 07 ● Tiskne Polygrafia, závod 1, Svobodova 1, 128 17 Praha – Vyšehrad ● Za původnost a správnost příspěvku ručí autor ● Toto číslo vyšlo 25. 7. 1975.

Č. indexu 47 223

© Vydavatelství Magnet Praha



*Osazená destička s plošnými spoji zdroje souměrného napětí (str. 57)*

**Nezadržitelně se blíží**

závěr konkursu TESLA - AR, poslední termín přihlášek je 15. září t. r. Konkurs je dotován cenami, jejichž seznam spolu s podmínkami je v AR č. 2/1975 na str. 44.

Přes 25 konstrukcí ze všech oborů elektroniky najdete

**v PŘÍLOZE AR,**

která nedávno vyšla. Protože náklad Přílohy je omezen, nezapomeňte si ji obstarat včas !

# **TECHNICKOU dokumentaci**



**k některým výrobkům  
spotřební techniky**

•

koupíte ve značkových prodejnách TESLA

**v Praze 1, Dlouhá 15 a v Pardubicích,  
Palackého 580**

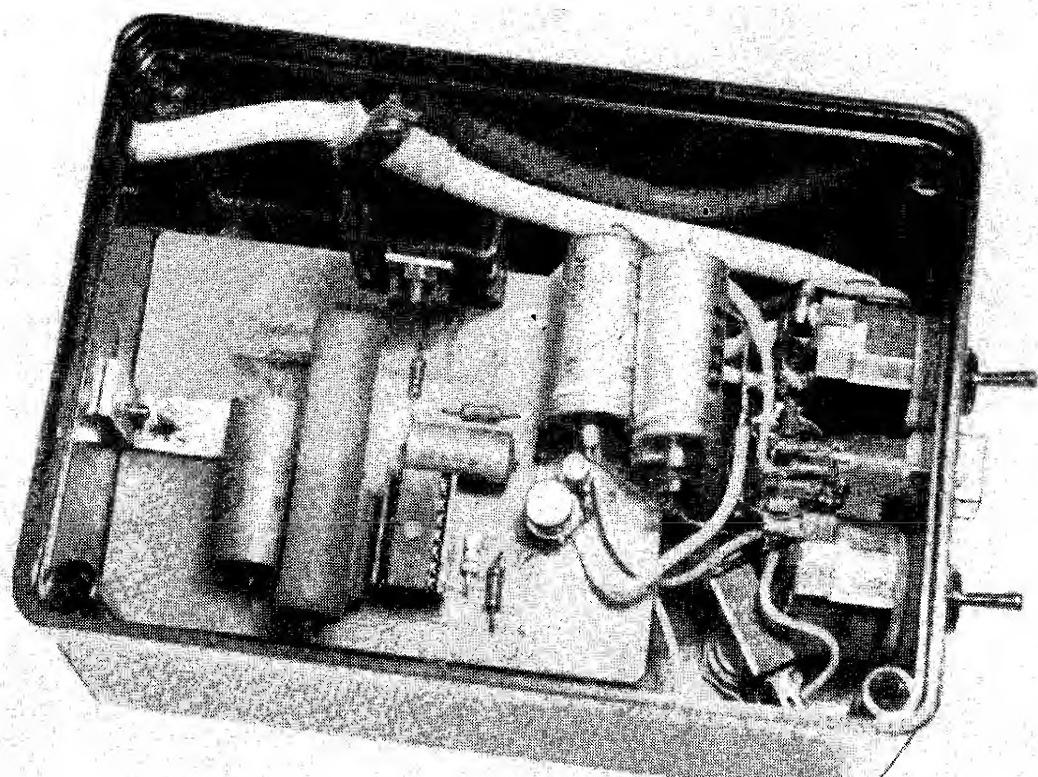
Při vaší osobní návštěvě vám ochotně poradí technici-specialisté.

•

Na základě vaší přesné písemné objednávky vám dokumentaci zašle na dobírku až do bytu výhradně jen pardubická prodejna TESLY.

Pište na adresu:

**Značková prodejna TESLA  
Palackého 580  
530 00 Pardubice**



Příklad aplikace IO MAA436 – plynulý stmívač světel